VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

КЛАССИКИ НАУКИ



А. Е. ФЕРСМАН

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ АЛМАЗА

РЕДАКЦИЯ И КОММЕНТАРИИ
АКАДЕМИКА Д. С. БЕЛЯНКИНА
И ПРОФЕССОРА И. И. ШАФРАНОВСКОГО

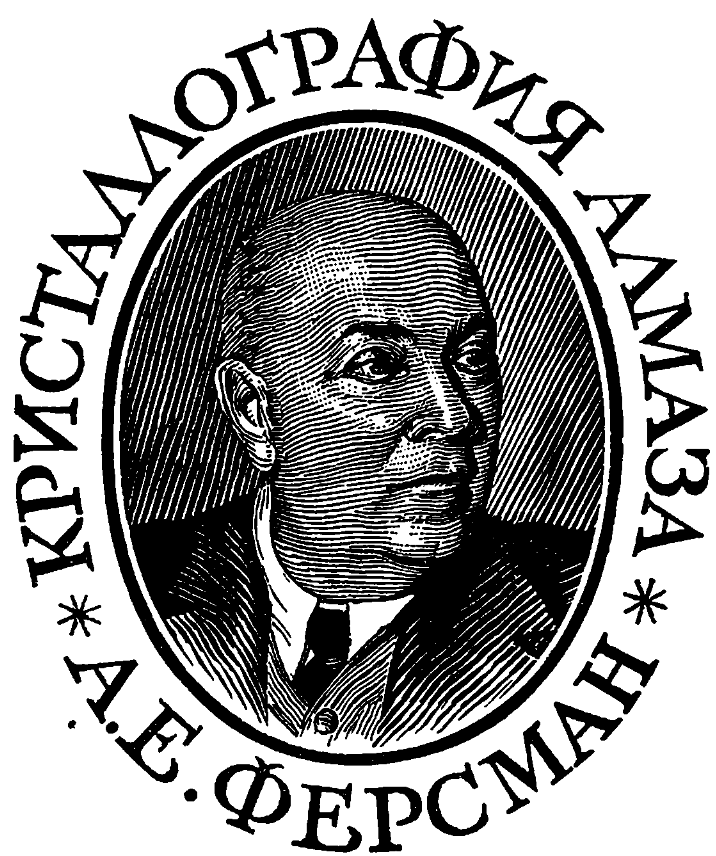


ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
1955

СЕРИЯ „КЛАССИКИ НАУКИ“

основана академиком *С. И. Вавиловым*

Редакционная коллегия: академик *И. Г. Петровский* (председатель), академик *К. М. Быков*, академик *Б. А. Казанский*, академик *О. Ю. Шмидт*, академик *Н. Н. Андреев*, академик *Д. И. Щербаков*, академик *П. Ф. Юдин*, член-корреспондент АН СССР *Б. Н. Делоне*, член-корреспондент АН СССР *Х. С. Коштоянц*, член-корреспондент АН СССР *А. М. Самарин*, профессор *Д. М. Лебедев*, профессор *Н. А. Фигуровский*, кандидат философских наук *И. В. Кузнецов* (зам. председателя)


КРИСТАЛЛОГРАФИЯ АЛМАЗА
А.Е. ФЕРСМАН

АЛМАЗ, ЕГО КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ



ПРОБЛЕМЫ АЛМАЗА

С вопросами кристаллизации и происхождения алмаза связаны проблемы исключительного интереса и важности. Во всей длинной истории исследования этой тетраэдрической разности кристаллического углерода алмаз вполне оправдывал свое название, которое было ему дано еще греками — ἀδάμας; это слово в переводе означает неукротимый, недоступный, и мы видим, что недоступность проходит красной нитью через всю историю этого минерального вида, так как он всегда и везде упорно не поддавался ни руке шлифовальщика, ни сильнейшим реактивам химика, ни пытливому уму ученого.

Когда в XIII в. индийские алмазы наводнили рынки Европы ювелиры упорно не могли справиться с огранкой этого красивого камня, пока только в конце XV в. голландец Ван-Беркем не дошел до мысли шлифовать камни друг о друга; при этом он самостоятельно повторил тот способ, которым давно уже пользовались в Индии и о котором знал еще Плиний, когда писал, что алмаз может быть обработан лишь другим алмазом.

Упорно не поддавалась выяснению и химическая природа этого загадочного тела. Хотя еще Ньютон в своей „Оптике“ (1704) высказал предположение, что алмаз должен быть минералом горючим, тем не менее его состав оставался долгое время невыясненным и давал повод к предположению, что он состоит из особого элемента — terra adamantina. Но эти догадки были разрушены только в самых последних годах

XVIII в., когда Лавуазье в исключительной по простоте и гениальности работе указал на связь его с углеродом, а Краузе только 20 лет тому назад окончательно подтвердил это на основании точных химических данных.

Не поддавались исследованию и месторождения алмазов. В незапамятной древности, о которой нам повествуют священные индийские книги Веды, таинственными путями попадал этот драгоценный камень в города и рынки более культурных частей Индии. Только с начала XVIII в. открылись для человека богатейшие месторождения Бразилии, но и здесь среди бесплодных и скалистых областей провинции Диамантина он встречался в наносах песков и конгломератах, упорно скрывая свое первоначальное происхождение.

Случайная находка алмаза в Южной Африке впервые открыла человеку одно из наиболее важных его природных скоплений, и уже в 1872 г. в первых исследованиях алмазоносных воронок мы видим указание на то, что алмаз образуется в природе из расплавленных масс.

Упорно не поддавалась выяснению и сама картина происхождения алмаза. Упорно и долго держалась научная мысль за растительное происхождение его, и монография Гепперта, специально посвященная доказательству связи алмаза с растительными организмами, еще в 60-х годах [1] была удостоена высших наград со стороны нидерландских ученых общёств. Только открытия южноафриканских воронок и метеоритов с алмазами заставили изменить это вкоренившееся в научный обиход мнение.

Не поддавался и не поддается алмаз искусственному получению его в лаборатории. Отдельные попытки Муассана, Гасслингера и Фридлэндера не решили этой проблемы, хотя и несколько приблизились к ней, получив микроскопические кристаллики минерала, весьма близко стоящего по свойствам к природному алмазу.

Трудно поддается алмаз разрушению или химическому изменению. Тщетны попытки найти для него растворитель

при обыкновенных температурах, не известны нам реактивы, которые разлагали бы его при обычной обстановке. Только выше 800° мы можем сжечь его или же окислить, обрабатывая сплавом селитры. Химически он упорно не поддается разрушению, и благодаря этой устойчивости и огромной твердости алмаз недаром еще в древности сделался символом постоянства.

Наконец, не поддавался алмаз и кристаллографическому исследованию. В противоположность подавляющему большинству других природных кристаллов, алмаз по большей части ограничивается округлыми, искривленными поверхностями, исследование которых долгое время было недоступно обычным методам кристаллографических измерений.

В целом ряде вопросов, связанных со свойствами и происхождением алмаза, природа упорно хранила загадочность и недоступность, и только за последние годы несмелыми шагами раскрывает минералогия и физическая химия тайну его истории на земле.

А между тем все эти вопросы, связанные с алмазом, имеют не только огромное теоретическое, но и практическое значение.

Из предмета роскоши и украшения алмаз превращается ныне в могучее орудие техники; ни один кристаллик этого вещества, как бы некрасив и невзрачен он ни был, не пропадает в руках человека: лучшие и наиболее чистые кристаллики распиливаются и шлифуются в бриллианты; другие вставляются в коронки буровых инструментов, разламываются по спайности в иголо́чки для гравировки, шлифуются в плоские розы; третьи измельчаются в порошок для шлифовки твердых драгоценных камней и самого алмаза. Даже маленькие камни стоят раз в 200—300 дороже равных им по весу драгоценных металлов платины и золота, а большие камни по своей цене прямо несравнимы с ценой других редких элементов.

Каждый год добывается алмазов более чем на $^1/_4$ миллиарда рублей, и эта цифра среди природных выработок

полезных ископаемых может стать наравне с цифрами добычи меди и серебра.

Неудивительно поэтому, что алмаз упорно привлекает исследователей и что вопрос о его происхождении и искусственном воспроизведении вырастает в целую проблему огромного теоретического и экономического значения.

КРИСТАЛЛЫ АЛМАЗА

В 1908 г. профессором Гейдельбергского университета Гольдшмидтом и мною было предпринято монографическое исследование алмаза, его свойств и происхождения [2]. Первоначально нами изучались лишь кристаллографические свойства этого минерала, но своеобразная структура его плоскостей неизбежно привела нас к расширению рамок исследования, так как выяснилось, что строение кристаллов алмаза тесно связано с процессами их роста и с их происхождением.

Я уже указывал, что среди бесконечного количества природных кристаллов алмаз выделяется своими своеобразными загадочными свойствами. Обычно кристаллические многогранники ограничиваются ровными плоскостями и прямолинейными ребрами, так что прямолинейность этих элементов вошла настолько в научный обиход кристаллографа, что он смело переносит на кристаллы основные законы геометрических тел.

Эта прямолинейность была замечена еще первыми точными исследователями кристаллов, и Ромэ Делиль еще в 80-х годах XVIII ст. писал о том, что кристаллические тела именно прямолинейностью своих контуров отличаются от растительных и животных форм. Ромэ Делиль подчеркивал, как красиво проходит этот закон через все кристаллические тела природы, являясь проявлением того высшего порядка и гармонии, которые нашли свое особенно резкое выражение в природных кристаллах.

По пути, намеченному Ромэ Делилем, пошел и аббат Гаюи, его последователь в области кристаллографии и самостоятельный и выдающийся новатор в минералогии. Последовательно развивая идеи своего предшественника, Гаюи не мог не обратить внимания на те случаи, когда нарушался закон прямолинейности, и среди этих случаев его внимание привлек алмаз. Кристаллы этого вида очень редко ограничены прямолинейными ребрами, обычно они округлы, состоят из блестящих, искривленных или исштрихованных поверхностей, и эти поверхности красиво пересекаются в дугах определенных направлений, но изменчивой, непостоянной кривизны. Каждая грань кристалла несет на себе сложные и разнообразные скульптурные украшения, то бугорки, холмики, ямки, то штриховые или волнообразные искривления, то сетчатый рельеф сложного строения (см. рис. 9—17).

И во всей этой сложной картине поверхности алмаза Гаюи увидел проявление особых сил, возмущающих нормальный рост кристалликов. Разнообразие поверхностных искривлений и скульптурных украшений казалось ему столь значительным, что он даже и не пытался разгадать их геометрические законности и говорил, что всякий, кто возьмется за работу измерения кристаллов алмаза, сделает это лишь для удовлетворения собственного любопытства.

Эти слова крупного кристаллографа и минералога не могли не сказаться на всех дальнейших исследованиях кристаллов алмаза. За весь XIX в. среди огромной экспериментальной работы и накопления фактического материала в области кристаллографии кристаллы этого минерального вида оставались почти неисследованными, и только в работах Бурнона и Задебека мы встречаем новые попытки подойти ближе к выяснению загадочных сростков этого минерала.

Причиной такого отношения к алмазу было и то, что кристаллографические измерения затруднялись отсутствием соответственных методов для измерения округлых граней. До самого последнего времени кристаллографы измеряли кристаллы

в обычных гониометрах с одним кругом. Каждая грань кристалла, как плоское зеркальце, отражала луч света в определенном направлении, и это направление, отсчитываемое по кругу с делениями, давало возможность судить о величине тех двугранных углов, которые образуют между собой две соседние грани.

Но для измерения искривленных поверхностей кристаллов алмаза этот старый метод являлся неприменимым; необходимо было воспользоваться иными приемами измерений, а именно теми, которые уже с 90-х годов начинают проникать в кристаллографию и получили наименование теодолитного метода. Этот метод заимствовал из астрономии основные принципы измерений, отсчетов и вычислений; каждая грань кристалла или, вернее говоря, каждый отраженный от нее луч света получил свое место в той воображаемой сфере, которую мы представляем себе описанной вокруг кристаллика. Такая сфера в нашем представлении покрывается отдельными точками, как звезды на небе, а относительное положение этих точек отвечает положению соответствующих им граней кристалла. Необходимо лишь измерить это положение по двум координатам, как делают астрономы по склонению и прямому восхождению или как делают географы по широте и долготе, нанести эти точки на бумагу, и мы получим проекцию кристалла аналогично нашим географическим или астрономическим картам.

Именно этот метод дает возможность произвести точные измерения кристаллов алмаза. Всякая плоская грань дает в гониометре картину отраженного параллельного пучка света в виде точки. Если эта грань цилиндрически искривлена в одном направлении или покрыта параллельной штриховкой, то картина отраженного луча вытягивается в линию; в зависимости от выбранного типа проекции такой луч примет форму дуги большого круга или прямой (подобно меридианам или параллелям наших карт). Наконец, если поверхность искривлена наподобие выпуклого зеркала, то в проекции отражен-

ный луч примет форму светового поля, наподобие Млечного Пути на картах звездного неба. Сложный кристаллический многогранник со всей своей своеобразной структурой находит себе выражение в картинах отраженного луча, и эти картины, получаемые путем измерения многих десятков или даже сотен точек, являются лишь особым геометрическим выражением самого многогранника. Прилагаемые рисунки иллюстрируют несколько типов кристаллов алмаза и дают соответственные проекции отраженных лучей света.

Только этим путем удалось получить точные измерения кристаллов алмаза. В то время как для большинства природных кристаллов мы получаем проекцию, состоящую из точек, отвечающих плоским граням, кристаллы алмаза дают красивые и сложные картины переплетающихся линий, дуг, полей, точек и звезд. Вся эта картина, красивая в проекциях, еще более красивая в самой трубе гониометра, является отражением сложной, запутанной структуры блестящей поверхности.

Но измерение кристаллов алмаза составляло лишь первую задачу исследования. Необходимо было разобраться в этих картинах, выяснить значение и происхождение этих запутанных явлений, связать их с определенными геометрическими или генетическими законностями.

Эта задача прежде всего заставила вспомнить о том, что кристалл не является просто геометрическим телом, как его рассматривали Ромэ Делиль или Гаюи; его нельзя оторвать от той обстановки, в которой протекал его рост; он органически связан с бесконечным количеством факторов и явлений, окружавших его в период кристаллизации, и все эти факторы и условия налагают на его поверхность свой отпечаток. Кристалл неизбежно несет на себе следы предыдущих моментов своего существования, и по его форме, по скульптуре его граней, мелочам и деталям его поверхности мы можем читать его прошлое.

Такова та основная мысль, которая заставила нас смотреть на алмаз с точки зрения истории его происхождения,

и прежде всего перед нами возник вопрос, каким условиям прошлого этого минерала могут отвечать эти своеобразные скульптурные украшения его многогранников.

Ответ на этот вопрос явился несколько неожиданным, так как выяснилось существование законностей, связывающих его кристаллическую форму с происхождением и образованием в недрах земли.

ЗАКОНЫ РОСТА И РАСТВОРЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ

В истории кристалла, как и каждого природного тела, мы можем различать явления роста и созидания и явления разрушения, гибели. В обыденной жизни при характеристике организованного мира мы привыкли отчетливо резко отличать эти явления, и, как глубокая антитеза, всегда встают перед нами и вокруг нас вопросы жизни и смерти. Но в области неорганизованной природы это различие является значительно более трудным и менее доступным нашему пониманию. Установление точного критерия для различия этих двух разнородных по существу и обратных по знаку процессов в кристалле является иногда настолько трудным, что требует серьезной и вдумчивой работы.

Когда кристалл находится в растворе, то на его поверхности происходит сложная работа: одни частицы кристаллического вещества откладываются на ней, другие обратно переходят в раствор. Среди этого постоянного круговорота результат кристаллизации зависит от относительного количества тех и других частиц. Если больше откладывается, то многогранник увеличивается, каждая его грань постепенно отодвигается от центра параллельно самой себе, кристалл растет. Но если большее количество частиц переходит в раствор обратно, то кристалл уменьшается в весе, его грани деформируются — он растворяется.

Таким образом, и в кристаллическом веществе можно подметить два противоположных по типу процесса, и уже давно,

еще с начала XIX ст., исследователи старались выяснить коренные различия между ними.

Когда кристалл растет, он обычно покрывается плоскими гранями, в общем случае ограниченными прямолинейными ребрами. Соотношение этих граней можно рассматривать с точки зрения геометрии, и в проекции[1] сам кристалл нам представляется в виде сети точек, расположенных по опре-

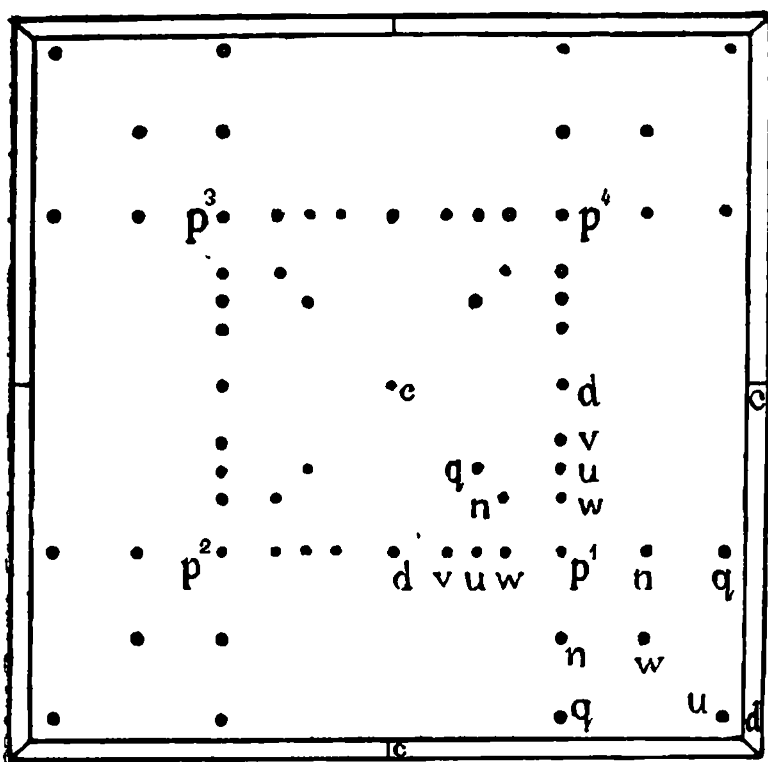


Рис. 1.

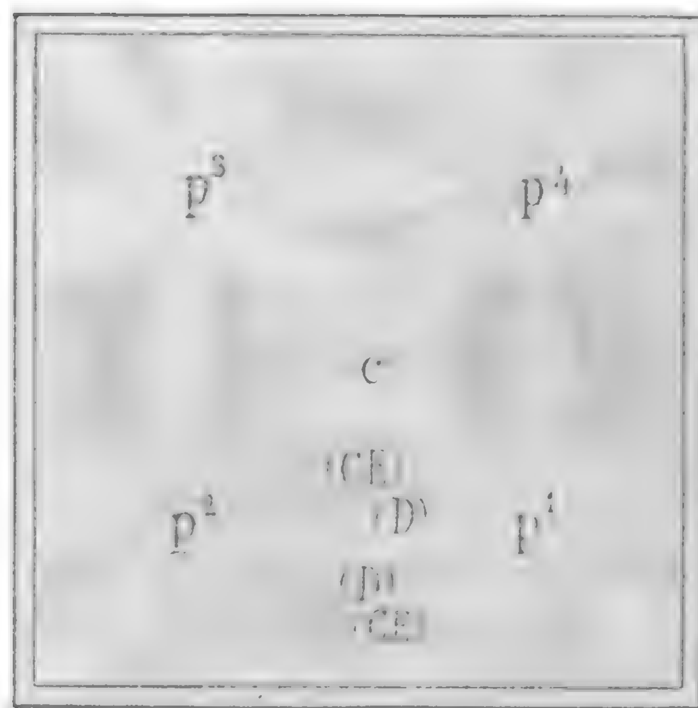


Рис. 2.

деленным линиям — зонам кристалла. Если мы на такую проекцию нанесем все те грани, которые когда-либо наблюдались в данном веществе, то мы получим общую картину его форм роста (например рис. 1 для кристаллов алмаза). В этой картине сразу выступают наружу некоторые преобладающие направления, усеянные точками, и эти направления являются точно так же характерными для каждого данного химического соединения.

Какая же картина лучей будет типичной для тех кристаллов, которые растворяются? Ее нетрудно видеть и по-

---

[1] Я буду в дальнейшем говорить об одном частном случае проектирования, а именно о гномонической проекции.

нять из сравнения рис. 1 и 2. Мы видим, что те направления — зоны, которые в первом случае были усеяны точками, во втором оказались пустыми полями; наоборот, там, где эти линии ограничивали собой пустые промежутки (треугольники, квадраты и т. д.), там в явлениях растворения мы получаем расплывчатое световое пятно.

Красивее всего мы можем наблюдать процессы растворения, если выточим шар из какого-либо вещества, например из кальцита (углекислого кальция). Такой шар быстро растворяется в кислотах с выделением угольной кислоты, причем он через 5—10 минут превращается в красивый и сложный многогранник с 20—30 блестящими и округлыми гранями.

Таким образом, существует простая и наглядная геометрическая зависимость между процессами обоих типов, и эта зависимость в общем выдерживается через всё царство кристаллов, ставя резкую грань между многогранниками роста и растворения.

В наших руках удобный способ отличить, как закончил кристалл свое существование в растворе, увеличивался ли он или растворялся.

Вот с этим способом мы подошли к изучению кристаллов алмаза, и сразу выяснилось, что их округлые формы должны быть рассматриваемы как многогранники растворения.

ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА

Ни один минеральный вид не дает кристаллографу такого огромного материала, как благородный минерал алмаз. Среди пересмотренных алмазов я встретил такое разнообразие кристаллических форм и сложных, запутанных скульптур, что не мог даже в общих чертах выяснить их основные типы.

Но еще гораздо больше окажется это разнообразие кристаллических форм, если мы станем сравнивать между собой

кристаллы из разных месторождений, особенно из Бразилии и Австралии, где каждая новая партия кристаллов дает возможность читать всё новые и новые моменты из процессов его образования.

Наиболее частой формой кристаллов является октаэдр такого типа, какой изображен на рис. 3.



Рис. 3.

Такие острые октаэдры обычно несут на себе следы растворения, которое заключается в постепенном закруглении ребер и превращении их в две округлые исштрихованные грани (рис. 4). По мере растворения грани октаэдра всё более и более суживаются (рис. 5) и дают округлую поверхность, которая в результате приводит к такой шарообразной форме, как та, что изображена на рис. 6.



Рис. 4.



Рис. 5.



Рис. 6.

Именно этой форме и отвечает та проекция из световых полей (рис. 2), которую мы отметили как наиболее типичную картину растворения алмаза.

Сравнительно реже кристаллы этого минерала имеют форму кубов (рис. 7), но они и в этом случае нередко носят

следы разъедания (рис. 8) и при дальнейшем растворении превращаются в округлые кубики, как это изображено на рис. 9.


Рис. 7.


Рис. 8.


Рис. 9.

Но этими отдельными генетическими рядами далеко не исчерпывается всё многообразие кристаллов алмаза. Одни


Рис. 10.


Рис. 11.


Рис. 12.

под влиянием очень быстрого растворения как бы оплавились и совершенно потеряли свою первоначальную форму; другие сильно разъедены и как бы выедены (рис. 10), третьи образуют сложные двойники с бороздами вместо октаэдрических ребер (рис. 11 и 12). Попадаются кристаллы сложного двойникового строения (рис. 13), параллельные сростки отдельных кристалликов (рис. 14); двойниковое прорастание

может итти настолько далеко, что получаются шарообразные сростки из проросших друг друга в нескольких направле-



Рис. 13.

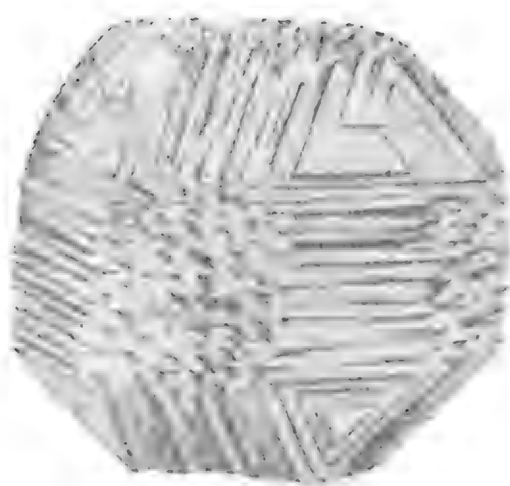


Рис. 14.



Рис. 15.

ниях пластинок алмаза (рис. 15). Такие шары уже давно получили название **борта**, и техника их ценит очень высоко за их твердость и вязкость.

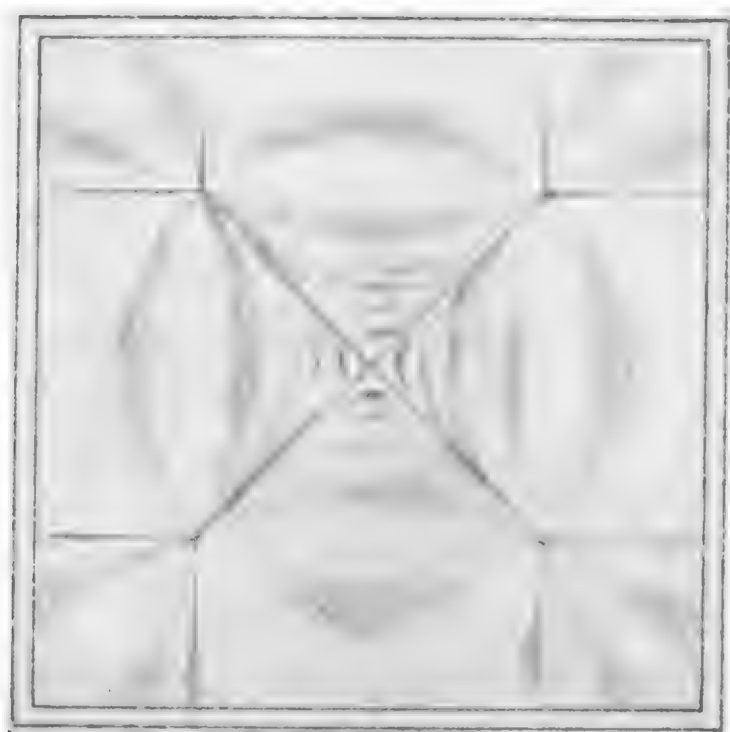


Рис. 16.

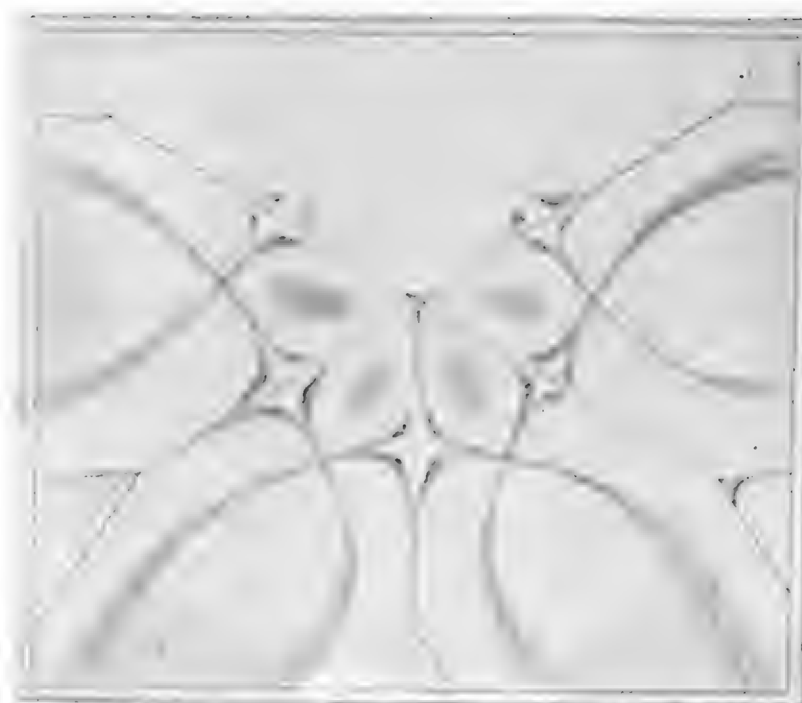


Рис. 17.

Я не могу даже перечислить всё разнообразие этих природных тел, исключительно красивых по своему блеску, по запутанности скульптуры и исключительно сложных по своему

происхождению. Не менее разнообразны и красивы картины отраженных от них лучей света (рис. 16 и 17).

В подавляющем большинстве случаев кристаллики алмаза показывают, что последние стадии его участия в природных процессах носят характер разрушения и растворения.

Таков вывод чисто теоретического характера; его необходимо было проверить на опыте, показав, что действительно путем растворения можно получить те округлые многогранники, которые столь обычны в природе.

ОПЫТЫ РАСТВОРЕНИЯ АЛМАЗА

Мы знаем, что алмаз, как показывает само его название, исключительно устойчив и весьма трудно разрушается. Нам не известно ни одного растворителя алмаза и ни одного химического реактива, который мог бы разрушить его при обыкновенной температуре. Зато выше 700—800° он довольно легко сжигается, и уже в пламени паяльной трубки можно легко сжечь мелкий порошок алмаза. Еще легче разрушить алмаз, сплавляя его с содой или селитрой при тех же температурах. Наконец, целый ряд сплавов при высоких температурах, повидимому, обладает способностью растворять алмаз, хотя и в незначительных количествах, — таковы сплавленные металлы и силикаты. Конечно, каждый из этих деятелей неизбежно изменяет характер растворения[1] или сгорания алмаза, и, по всей вероятности, кристаллические образования, сопутствующие этим процессам, меняются в зависимости от того или иного деятеля или даже при тех или иных условиях, при которых этот деятель оказывает свое разрушительное влияние. Но в общем, в наиболее типическом случае разрушение кристаллов должно итти по той схеме, которая изложена выше.

[1] Я буду в дальнейшем употреблять общий термин „растворение“, хотя с химической точки зрения вряд ли является точным применение этого понятия в некоторых случаях.

Для наших опытов мы воспользовались сплавом калиевой селитры; при этом мы помещали в сплав, не переставая помешивать его, идеально образованные октаэдры чистого алмаза. Уж через 20—30 минут нагревания, при 800—900° С, эти кристаллики начинали проявлять резко выраженное явление вытравления, и это вытравление шло закономерно, согласно тем теоретическим представлениям, которые нами были вложены в объяснение природных кристаллов алмаза.[1]

Таким образом, нам удалось экспериментально подтвердить, что округлые грани алмаза связаны с процессами растворения, и неизбежно перед нами встал вопрос, как протекают эти процессы в природе и какие деятели являются там растворителями. Вот к этим вопросам мы и намерены теперь обратиться.

ОБРАЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА В ПРИРОДЕ

Как известно, алмаз встречен был в природе в довольно многочисленных месторождениях, но в большинстве из них находки его ограничивались отдельными кристалликами. Отдельные кристаллики были найдены в различнейших пунктах Северной Америки, но сколько-нибудь значительные скопления этого минерала известны лишь в Индии, Бразилии, восточной Австралии и Южной Африке. Но среди этих, частью еще теперь разрабатываемых, месторождений только в Южной Африке картина его месторождения для нас более или менее выяснена, тогда как в остальных местностях алмаз встречается в песках, глинах и конгломератах, иначе говоря, уже во вторичном залегании, вероятно, далеко отличном от тех условий, при которых шло его образование.

---

[1] Опытная часть нашей работы еще далеко не закончена. Особенный интерес представляют опыты сплавления с силикатами, так как, повидимому, процесс растворения в значительной степени меняется в зависимости от химического состава кремневого сплава.

В Южной Африке наше внимание привлекают огромные воронкообразные углубления, заполненные магнезиально-силикатовой породой — кимберлитом. Эти воронки прорывают не только граниты, но и покрывающие их слои разнообразнейших материковых образований. Колоссальны должны были быть те взрывы, которые сопровождали подъем этих некогда расплавленных магнезиальных пород! Огромные количества скопившихся в них газов и паров воды открывали себе доступ через эти вулканические жерла — диатремы, как их принято в настоящее время называть, и вслед за ними расплавленная магма, внезапно освободившаяся от огромного давления, которое лежало на ней, подымалась вверх отдельными пароксизмами, то застывая по дороге, то вновь разламывая образовавшуюся кору и захватывая обломки окружающих пород.

Такова картина извержений этих темных пород, подобных базальту.

Много споров и научных догадок делали исследователи по вопросу о том, когда и как образуется в этих магнезиальных породах алмаз. В настоящее время всё более и более выясняется, что его происхождение связано с самой кимберлитовой магмой и что он выкристаллизовался из нее как из сплава еще в глубинах, при больших давлениях.

Кристаллы алмаза переживают вместе с этой расплавленной массой все те геологические процессы, которые она испытывает при своем выходе на поверхность земли.

Но все эти сложные процессы застывания не могли не сказаться на судьбах самих кристалликов алмаза. Сразу понизившееся давление создает условие большей растворимости, при низких давлениях кристаллики алмаза переходят с поверхности в графит, а последний легко растворяется в расплавленной силикатовой магме. Вновь образуется затвердевшая кора в жерле диатремы, вновь повышается давление, и кристаллики, начавшие уже растворяться, вновь начинают расти.

Так сменяются процессы различного характера, и кристаллы алмаза на своей поверхности и в своем внутреннем строении запечатлевают все отдельные моменты затвердевания кимберлитовой магмы.

Таким образом, загадка кристалликов алмаза начинает выясняться, и нам становятся понятными те округлые грани растворения, которые мы описывали на предыдущих страницах.

Нам известен еще другой тип образования алмаза в природе. В метеоритах, состоящих из почти чистого металлического железа, были встречены мельчайшие кристаллы этого минерала. Они также носят следы вторичного растворения, и, очевидно, расплавленный металл при своем охлаждении так же, как в случае силикатовых магм Южной Африки, растворяет те драгоценные кристаллы алмаза, которые выкристаллизовывались из него при более высоких температурах.

ИСКУССТВЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ АЛМАЗА

Оба только что описанных типа образования алмаза в природе дали мысль исследователям применить их и в лаборатории для искусственного получения.

В классических опытах Муассан еще 20 лет тому назад пытался повторить в электрической печи кристаллизацию алмаза из расплавленных металлов. Его опыты справедливо оспаривались другими исследователями и практического значения иметь не могли, так как получавшиеся кристаллы были очень мелки и извлекались из сплава только путем долгих и сложных химических обработок.

Фридлэндер, Гасслингер и Вольф старались кристаллизовать алмаз из расплавленных силикатов, приближаясь таким образом к природным условиям Южной Африки. Эти опыты увенчались успехом, и из целого ряда силикатовых сплавов ими были получены октаэдрические кристаллы алмаза.

Однако преждевременная смерть Гасслингера при разливе реки Инна в Тироле положила конец блестяще начатым исследованиям чешских ученых.

Оба эти пути, избранные для искусственного воспроизведения алмаза, страдали, однако, значительными недостатками. В обоих случаях приближение к природным условиям было чисто внешним, так как не принималось во внимание то огромное давление, при котором образовались кристаллы алмаза в кимберлите Южной Африки. Между тем, не только сама природа, но и теоретическое изучение полей устойчивости алмаза и графита ставит одним из важнейших условий образования кристалликов алмаза значительное давление.

Несомненно, что опыты Гасслингера должны быть вновь повторены при несколько измененных условиях. Эти условия подсказывает сама природа.

Установление критерия для отличия форм роста от форм растворения дает исследователю в руки средство, благодаря которому он может судить о правильности избранного им пути, так как форма получаемых кристаллов алмаза ясно говорит о том, какие процессы он испытывал в последние моменты своей кристаллизации.

Надо надеяться, что в скором времени проблема искусственного получения алмаза разрешится не только теоретически, но и практически, и исследователи вырвут от природы еще одну столь тщательно оберегаемую ею загадку.

АЛМАЗ



ПРЕДИСЛОВИЕ

Из всех кристаллических веществ наибольший интерес возбуждает алмаз. Никакой кристалл не ценится так высоко, как он. Однако алмаз является не только самым драгоценным камнем. Благодаря своей исключительной твердости он незаменим в промышленности. Алмазные кристаллы, недостаточно прозрачные и блестящие, чтобы служить украшениями, высоко расцениваются в технике. Красота драгоценного камня, применение в промышленности и редкость этого минерала — всё это, вместе взятое, придает алмазу особенно большую стоимость. Она огромна по сравнению с ценой золота, платины, серебра. Вместе с тем алмаз, так же как и простой дешевый уголь, является не чем иным как чистым углеродом.

Высокие качества алмаза придаются углероду его *кристаллизацией*. Природа образовала алмазные кристаллы, и теперь наука и техника задаются вопросом: нельзя ли, подражая природе, заставить искусственно кристаллизоваться углерод в виде алмаза. В этом направлении предпринимаются всё новые и новые попытки.

Нужно надеяться, что в будущем удастся получить крупные искусственные кристаллы алмаза. Для промышленности такие кристаллы будут иметь колоссальное значение. Какой переворот произведет это в ювелирном деле — может нарисовать только фантазия.

Переработка сырого алмаза в *драгоценный камень* является чрезвычайно простой. Алмаз нельзя плавить и

ковать, как золото, — его можно только шлифовать. С помощью шлифовки ему придают плоские грани, расположенные в известном порядке, которые полируются до совершенного блеска. При этом по возможности стараются сохранить величину камня и в наиболее выигрышном свете показать его сверканье. Последнее зависит от высокого светопреломления и прозрачности. Формы, которые придаются алмазам шлифовальщиками, обычно отличаются простотой и повторялись многие тысячи раз.

Правильно отшлифованные формы называются бриллиантами, менее правильные формы — розами. Необработанные кристаллы носят название сырых алмазов.

В технике алмазы применяются в сыром виде. Камни с естественными острыми вершинами служат для резки стекла. Прочные (не хрупкие) куски, состоящие из аггрегатов и связанных между собой составных частей, которые не могут употребляться в качестве украшений, являются лучшими камнями для бурения горных пород. Растолченный в стальной ступке порошок представляет ценнейший материал для шлифовки. Только с помощью такого порошка можно шлифовать и полировать наиболее твердое из всех известных веществ — сам алмаз.

Алмазы, не пригодные для украшений, но ценные для техники, носят общее название борт (это название, очевидно, связано с тем, что при сортировке алмазов технические камни отодвигаются в сторону от ювелирных). Кристаллические алмазные аггрегаты черного цвета называются карбонатами[1]. Клифтонит представляет собой кристаллический углерод, найденный в метеорном железе. По форме он соответствует алмазу, а по структуре — графиту. Следует предполагать, что когда-то он был настоящим алмазом, но затем, вследствие перераспределения частиц, превратился в черную мягкую модификацию углерода — графит.

В противоположность небольшому количеству искусственных форм, придаваемых отшлифованным кам-

ням, наблюдается удивительное богатство природных форм у неотшлифованных, сырых кристаллов.

Формами сырых алмазов (природными формами) занимаются минералоги и кристаллографы. Некоторые из ученых целиком посвятили себя задаче изучения форм именно этого минерала.

При внимательном рассмотрении природных форм алмаза открывается такое их многообразие и такая красота образований, что невольно становится жаль подвергать их шлифовке, уничтожающей как раз самое красивое и интересное. И всё же мы, минералоги, должны благодарить любителей красивых камней и шлифовальщиков, придавших алмазам такую высокую ценность.

В самом деле, если бы ценность алмаза не была так велика, то не собирались бы с исключительным усердием и тщательностью необыкновенные и мельчайшие кристаллики алмаза, столь важные для изучения.

В настоящей книге мы хотим рассказать о том, что нами было обнаружено при изучении кристаллов алмаза. Одновременно мы постараемся по возможности ответить на те вопросы, которые естественно возникают у интересующихся этими прекрасными образованиями.

К таким вопросам относятся следующие: как возник алмаз? Чем обусловлены его формы и свойства?

На первый вопрос можно сейчас ответить более или менее удовлетворительно. С этим первым вопросом теснейшим образом связан и вопрос о том, как алмаз достиг своей формы. Между формой и способом образования существует причинно-генетическая связь. Внешние формы кристаллов дают нам возможность делать выводы относительно истории их образования. Благодаря удачному стечению обстоятельств нам довелось узнать о способах образования и истории развития форм алмазов больше, чем о каких-либо других видах кристаллов. Этим вопросам и посвящено наше детальное исследование. Если читатель возьмет на себя труд прочитать

нижеследующие описания отдельных кристаллов и просмотреть соответственные рисунки, то он узнает много удивительного о замечательных кристаллах, образующихся в природе.

Для тех, кто не знаком с кристаллографическими названиями и методами изображения кристаллов, некоторые детали могут быть непонятными, но всё то, что представляет общий интерес, описано с достаточной ясностью.

Известные нам кристаллы алмаза образовались, *свободно плавая в огненно-жидком маточном расплаве* (магме). В связи с тем, что кристаллы при своем развитии не были прикреплены каким-либо концом к твердому основанию, они со всех сторон смогли покрыться естественными гранями.

Вещество, из которого состоят алмазы (углерод), было растворено в магме наподобие того, как растворяются квасцы и сахар в воде или сера в сероуглероде. В качестве маточного расплава для алмазов служат некоторые расплавленные силикаты, которые при застывании образуют горные породы, а также металлическое железо. Большинство природных алмазов — в основном все те, которые используются в торговле и промышленности, — образовалось в расплаве силикатов внутри земли. Из глубины они были вынесены на поверхность вулканическими процессами и отложились в вулканических туфах.[1] В результате атмосферных воздействий туфы разрушились, в то время как алмазы не подвергались изменениям. Затем алмазные кристаллы уносились водой и откладывались в прибрежных песках ручьев и морей в так называемой наносной почве.

Из сказанного видно, что алмазы меняют свое местонахождение в природе. Они могут даже сдуваться ветром вместе с сухим песком ручьев и прибрежных отложений. Из туфов и песков алмаз добывается путем промывки и специального отбора. Отдельные маленькие алмазики были

---

[1] Ср.: Hintze. Handbuch d. Mineralogie. 1904, I, Fig. 32.

DER DIAMANT

EINE STUDIE

VON

A. VON FERSMANN UND V. GOLDSCHMIDT
MOSKAU HEIDELBERG

MIT EINEM ATLAS VON 43 TAFELN



HEIDELBERG 1911
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG

Verlags-Nr 556

Титульный лист немецкого издания книги «Алмаз»

также обнаружены в железе метеоритов. Существуют различные предположения относительно того, каким образом вещество алмаза — углерод — оказалось в расплавленной магме, образующей горные породы. Быть может, оно поднялось из отдаленнейших глубин вместе с карбидами; быть может, оно выделилось из углеводородов, находившихся в расплавленных породах, или возникло из графита и других углеводородистых соединений. В настоящее время определенно ответить на этот вопрос еще нет возможности.

В нашем исследовании мы исходим из той точки зрения, что углерод был растворен в расплаве, образовавшем впоследствии горные породы. При этом углерод был расплавлен в больших количествах, а именно до полного насыщения расплава. Это значит, что углерода было столько, сколько мог его принять и растворить расплав (магма).

Дальнейший процесс образования алмазов является вообще процессом кристаллизации.[1] Поняв процесс кристаллизации вообще, мы можем тем самым уяснить себе в основном процесс образования алмазов. И наоборот, если мы поймем, как шло образование алмазов, то тем самым мы узнаем, что представляет собой кристаллизация вообще. Путь к познанию ведет от единичного к общему и от общего опять к единичному.

Мы исследуем сперва один кристалл алмаза, затем проверяем наши наблюдения на многих кристаллах, а после этого переходим к обобщающим выводам о сущности кристаллического состояния алмаза вообще. Но алмаз является лишь одним из многих видов кристаллических веществ. Для того чтобы изучить кристаллы алмаза до конца, нам нужно принять во внимание также и то, как „ведут“ себя кристаллы других веществ — горного хрусталя, свинцового блеска, известкового шпата, короче говоря, все кристалличе-

---

[1] Ср.: V. Goldschmidt. Über das Wesen der Kristalle. **Ann.** d. Nat. Philos., 1910, **9**, 120—139, 368—419.

ские виды и не только естественные минералы, но и искусственные кристаллы, полученные в лабораториях. Благодаря этому мы найдем то общее, что свойственно всем видам кристаллов (т. е. общие законы кристаллизации). С другой стороны, при этом выяснится также то, что характерно для отдельных видов и отдельных кристаллических индивидов.

После таких обобщений можно снова вернуться к алмазу и путем сравнения с другими кристаллами решить, что с ним происходило во время его возникновения.

Каждый кристалл алмаза имеет свою собственную историю. Однако следы этой истории сокрыты внутри кристалла. Он вырос из мельчайших зародышей, на которые накладывались последующие слои вещества. Таким образом, ранние стадии роста кристаллов невидимы для нас, поскольку они покрыты позднейшими слоями. Поэтому мы можем прочитать на поверхности кристалла только последние события того периода, в котором заканчивалось его образование. Это относится к моменту, когда окружающая магма, прежде чем застыть, выносила алмазы вместе с вулканическим пеплом из глубины наверх.

Вместе с тем, исходя из наблюдений над последней стадией образования алмаза, мы можем получить некоторое понятие и о ближайшем к этой стадии отрезке его предыдущей истории, так как каждое последующее состояние всегда связано с определенным предыдущим состоянием. Здесь существует причинно-генетическая связь, которая чрезвычайно важна для понимания жизни кристаллов.

Кроме того, мы можем сделать выводы относительно тех влияний, которым подвергался алмаз в последнюю стадию своего образования.

Следует иметь в виду, что история образования отдельных кристаллов заканчивалась на разных стадиях их развития. История возникновения одних кристаллов оборвалась в момент их роста, других — во время частичного растворения

рения, в борьбе с растворяющими агентами. Известно, что маточный расплав, приносящий растущему кристаллу питательный материал, может при изменении условий (например при повышении температуры) растворять тот же кристалл. Подобно мифическому богу Хроносу, расплав как бы пожирает своих собственных детей, унося частичку за частичкой с поверхности кристалла.

Само собой разумеется, что растворение происходит иначе, чем рост. Изучая поверхность кристалла, можно легко узнать, в каком его участке происходил рост и где — растворение, а также, какие потоки уносили растворяющиеся частички. Эти растворяющие потоки прочертили на кристалле свой путь.

Изучив все или очень многие кристаллы алмаза в их последней стадии образования, которая была различной для разных кристаллов, и объединив все эти исследования вместе, мы получим общую картину развития форм во времени и в причинно-генетическом порядке.

Аналогия. Мы не в состоянии проследить развитие внутренних органов человека. Однако анатомия получает об этом понятие, исходя из наблюдений над человеческим телом в различном возрасте и различном состоянии, как нормальном (здоровом), так и ненормальном (патологическом). Все полученные ею данные объединяются в общую картину, логически указывая на временные, генетические и причинные связи.

Таким же образом можно получить общую картину развития форм, объединив все наблюдения над их конечными состояниями. Сюда следует добавить сведения и заключения относительно созидающих сил и нарушений, относительно особенностей элементарных частиц алмаза, а также явлений роста и растворения в расплаве.

К анатомии человека близко примыкает биология, в особенности экспериментальная. Анатомия демонстрирует влияние определенных воздействий — питания, лечения, хирургического вмешательства. Там, где невозможен опыт над человеком, производятся эксперименты над наиболее близко стоящими к нему животными.

Аналогичным образом поступаем мы и по отношению к кристаллам. Нам удалось произвести лабораторные опыты по растворению кристаллов алмаза и сравнить полученные результаты с естественными

образованиями. Попытки искусственного выращивания алмаза до сих пор не удаются, поэтому пока приходится проводить опыты по выращиванию родственных алмазу кристаллов — квасцов, медного купороса — и полученные результаты путем аналогии и сравнений относить к алмазам.

Выше уже указывалось, что алмазы образуются под землей, плавая в силикатном расплаве, содержащем растворенный углерод. Количество углерода, которое может раствориться в расплаве, зависит от состава последнего и от температуры. При охлаждении расплав не может уже содержать столько углерода, и последний выделяется в виде кристаллов алмаза. Это, конечно, происходит не сразу, а постепенно. На кристаллический зародыш в правильно ориентированном положении осаждается частичка за частичкой. Так растет кристалл алмаза в силикатном расплаве — магме — до тех пор, пока расплав не отдаст всего избыточного углерода; мы говорим, что при этом магма становится нейтральной. При дальнейшем остывании магмы рост алмазов продолжается до тех пор, пока к ним не присоединится весь углерод или пока не застынет магма, заключив в себе алмазы. Последнее может случиться при вулканическом извержении, в результате которого магма вместе с алмазами выносится наверх. Если магма, наоборот, будет нагреваться, то алмазы будут растворяться или до конца, или частично. В нейтральной магме алмазы и не растут и не растворяются. Такое нейтральное состояние может длиться очень долго.

Следует обратить внимание на одно замечательное свойство кристаллов. Дело в том, что в одном и том же кристалле в некоторых направлениях притяжение частиц больше, чем в других. В связи с этим в определенных кристаллических направлениях тенденция к растворению больше, чем в других. Каждый кристаллический вид имеет свои особые предпочтительные направления как в отношении роста, так и в отношении растворения.

Кристаллографически такие направления определяются с помощью связанных с ними граней. Мы различаем главные грани роста и главные грани растворения. Такие грани одновременно являются главнейшими гранями для данного кристаллического вида. Направления перпендикулярны к грани.

Для алмаза:

главные грани роста: октаэдр: **p** (табл. 5, фиг. 33, 34 [2]);

главные грани растворения: куб: **c** (табл. 7, фиг. 47, 48, в комбинации с октаэдром; схематически — фиг. 51; табл. 21, фиг. 139, в комбинации с додекаэдром и октаэдром);

также додекаэдр: **d** (табл. 14, фиг. 94; табл. 5, фиг. 35, исштрихованный; фиг. 36, 38, исштрихованный в комбинации с октаэдром; схематически — табл. 3, фиг. 24).

Если маточный расплав (магма) нейтрален, т. е. не откладывает нового вещества на кристаллах алмаза и не отнимает его от них, то всё же такой расплав не будет нейтральным для отдельных направлений и для отдельных граней. Так, например, он будет откладывать вещество на октаэдре, отнимая то же вещество у куба и додекаэдра.

С ростом и растворением связаны потоки расплава, движущиеся по поверхности кристалла [3]. Такие потоки уносят и приносят углерод. Мы говорим о потоках роста и растворения. Потоки растворения прочерчивают свой путь на поверхности кристалла, так что мы можем сейчас проследить их передвижение и их действие.

При росте образуются плоские грани и прямолинейные штрихи (крист. **1—17**; см. табл. 4—7 [4]), с ростом же связаны ямки роста (табл. 9, фиг. 62, 63, 65, 67) и пластинки роста. Последние наблюдаются вокруг октаэдрических граней (табл. 9, фиг. 64, 66), в углублениях на кубе (табл. 23, фиг. 159), а также на двойниковых границах (табл. 37, фиг. 253).

При растворении создаются округлые грани (табл. 12, фиг. 81, 86, 87), ямки травления, особенно на гра-

нях куба (табл. 14, фиг. 98, 99), также на гранях октаэдра (табл. 43, фиг. 292). С растворением же связаны бугорки травления, главным образом на гранях додекаэдра (табл. 10, фиг. 70, 72; табл. 12, фиг. 82, 84), а также ямки высверливания на гранях куба (табл. 23, фиг. 156) и, слабее, на октаэдре (табл. 36, фиг. 246).

Такие ямки высверливания на гранях куба иногда проникают глубоко внутрь кристалла (табл. 23, фиг. 157). Если они со всех шести сторон проникают до середины, то кристалл расщепляется на отдельные куски. Схематически это показано на фиг. 23, 23а табл. 3.

Изучая такие поверхностные образования кристалла, мы узнаем, закончил ли он свой жизненный путь на стадии роста или растворения. Эти образования мы наблюдаем в лупу или под микроскопом и зарисовываем их по возможности точно. При этом, однако, следует подчеркивать существенное и опускать несущественное. Таким образом были сделаны в основном все наши рисунки в большом масштабе.

Параллельно мы изучали поверхностные образования на гониометре с помощью световых рефлексов. Обращалось внимание на ту световую картину, которую дает яркая световая точка (сигнал), отражаясь от плоскогранной или кривогранной поверхности. Такие картины световых рефлексов изображены на наших таблицах красным цветом (см., например, табл. 2, фиг. 4—6 и др.). В каждом случае световая картина сопровождает соответственное изображение поверхности кристалла и обозначается тем же порядковым номером. Так, например, фиг. 56 табл. 8 соответствует изображению кристалла на фиг. 63 табл. 9. Оба рисунка относятся к крист. **21**.

О том, в какой связи стоят поверхностные образования и световые картины рефлексов, как они дополняют друг друга, говорится в Общей части этого исследования. Подробное обсуждение поверхностных образований и световых картин дается в Специальной части при описании отдельных кристаллов.

В гномонических картинах световых рефлексов образования роста характеризуются наличием точек и прямых линий (примеры: табл. 6, фиг. 40 и 41). Для образований растворения имеем кривые линии, световые поля и пятна различных очертаний (примеры: табл. 11, фиг. 76, 78, 80).

Различия между теми и другими образованиями на картинах световых рефлексов видны яснее, чем на картинах поверхности кристаллов. Однако лучше всего выявляются эти различия путем сравнения и обсуждения обоих изображений для одного и того же кристалла. Таким образом выясняется, в какой момент закончил кристалл историю своего образования — в стадии роста или растворения, а также устанавливается наличие на некоторых участках кристалла явлений роста, а на других местах того же кристалла — следов растворения.

Примером чистого роста может служить крист. **12.** Изображение поверхности кристалла (табл. 7, фиг. 47) представляет большие плоские октаэдрические грани с маленькими треугольными ямками роста и резко очерченными прямоугольными гранями куба. В соответственном изображении световых рефлексов (табл. 6, фиг. 40) мы видим четыре октаэдрические точки, расположенные по вершинам квадрата. В середине находится точка для куба. Между точками наблюдаются прямолинейные световые лучи, характерные для роста.

Примером растворения может служить крист. **30.** Изображение поверхности кристалла (табл. 12, фиг. 84) представляет искривленные, близкие к додекаэдру грани, покрытые бугорками травления и разделенные поперечной пограничной линией. Сюда же относится изображение световых рефлексов (табл. 11, фиг. 78) с кривыми световыми полосами, расширенными до световых полей, между которыми находятся пустые участки.

Поверхность и световые рефлексы этого кристалла показывают явления, характерные для растворения. Они относятся к группе образований, которые мы называем гравированными. Это значит, что на таких образованиях растворения поверхность покрыта резкими скульптурами растворения.

Вторым примером растворения является крист. **78.** Он относится к тем образованиям растворения, которые мы называем размытыми

или зализанными. Поверхность этого кристалла (табл. 25, фиг. 171) характеризуется гладкими, закругленными гранями, ребрами и вершинами. Здесь мы также замечаем маленькие треугольные, округленные ямки травления. Картина световых рефлексов (табл. 24, фиг. 165) характеризуется расщеплением световых точек и световых полос, образующих нечто вроде световой паутины из спутанных световых нитей. Такое расщепление световых рефлексов характерно для зализанных образований растворения.

Самой интересной картиной световых рефлексов является та, на которой наблюдается одновременно (согласно с поверхностным огранением) распределение точек и полос соответственно тетраэдрической гемиэдрии.

Примером алмаза (тела *pa-po* [5]), на котором одновременно присутствуют явления и растворения и роста, служит крист. **21.** Его поверхность показывает на октаэдрических гранях прямолинейные треугольники роста. На местах куба (на вершинах) и додекаэдра (на ребрах) наблюдаются искривления и бугорки травления, характерные для растворения. Картина световых рефлексов показывает яркие световые точки на местах четырех октаэдрических точек и прямолинейные зональные линии между ними. Это — рефлексы роста. Кроме того, здесь видны криволинейные световые полосы и поля, заполняющие промежуточные участки красивыми перистыми узорами. Это — рефлексы растворения.

Вторым примером тела „*pa-po*" служит крист. **48.** На его поверхности — октаэдрические грани в виде идеально плоских образований роста. Наряду с ними здесь присутствуют искривленные грани куба, покрытые образованиями растворения. Картина световых рефлексов показывает соответственно четыре яркие октаэдрические точки и прямолинейные световые лучи между ними. Напротив, в середине, возле точки куба и вокруг нее, мы видим систему искривленных и расширенных световых полос, характерных для растворения.

Образования роста и растворения встречаются совместно во всевозможных переходах на большинстве кристаллов алмаза. С помощью скульптуры на поверхности кристаллов, образованной ростом и растворением, мы можем создать теорию происхождения образований растворения — бугорков, ямок и тел растворения, а также представить себе саму механику процесса растворения.

Выработанные таким образом теоретические воззрения служат основанием для объяснения отдельных явлений на

различных кристаллах алмаза. Попытки такого объяснения нами сделаны при исследовании отдельных кристаллов. Читатель ознакомится с этим в Специальной части настоящего сочинения.

Повторение одних и тех же моментов, лишь незначительно изменяющихся от кристалла к кристаллу и заключающихся в росте и растворении, протекавших отдельно или совместно, одновременно или в чередовании, может сделать утомительным чтение наших описаний для лиц, не занимающихся специально этими вопросами. Однако описания отдельных случаев совершенно необходимы для того, чтобы показать наиболее существенное, повторяющееся всюду, хотя и с некоторыми видоизменениями. Только такой подход позволяет разобраться в запутанных природных явлениях, однозначно понять и просто объяснить их.

Особый, специально кристаллографический интерес представляют вопросы о гемиэдрии и закономерных двойниковых, полисинтетических и сложных срастаниях и прорастаниях алмаза. Однако наши рассуждения не лишены значения и для широкого круга читателей. Они проливают свет на генезис алмаза; они показывают, как неравнозначные тетраэдры, образующие в совокупности октаэдр, неодинаково ведут себя во время роста и растворения; они выясняют роль закономерно сросшихся индивидов, образующих простые и сложные двойники, в истории возникновения алмазных кристаллов. Из поведения таких индивидов в кристаллических срастаниях можно получить понятие о действующих силах между частицами, слагающими кристалл, понятие, к которому нельзя было бы притти, исходя из изучения отдельного кристалла.

Общий интерес представляют, конечно, богатство, красота и закономерность форм, а также картины их световых рефлексов.

Надеемся, что данное исследование и приложенные к нему рисунки будут не только способствовать развитию наших

собственных знаний и знаний наших коллег — минералогов, но что оно послужит на пользу и тем профессионалам, которые трудятся ежедневно над кристалликами алмазов. Надеемся также, что наш труд возбудит интерес в широких кругах к этим прекрасным и замечательным природным образованиям.

Гейдельберг—Москва,
1911 г.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Задачи

Сравнение результатов исследования фигур травления и тел растворения[1] с явлениями, наблюдавшимися на алмазе, показало удивительную аналогию между теми и другими. Эта аналогия приводит к предположению, что кривогранные алмазы обязаны своими особенностями растворению и что их следует рассматривать как образования растворения. С другой стороны, кристаллы с резко выраженными прямыми ребрами определенно относятся к образованиям роста.

Между этими двумя видами кристаллов имеются переходные формы. Для них следует предположить, что в некоторых случаях действуют одновременно и растворение и рост. Имеются кристаллы, формы которых можно объяснить лишь одновременными и параллельными процессами растворения и роста на одном и том же кристалле, причем один род граней (например **p** = 1) рос, в то время как другие грани (например **c** = 0, **d** = 10) растворялись.

Соответственно с этим встала задача выработать такие критерии, которые позволили бы достоверно отличать друг от друга образования растворения и образования роста. Ос-

---

[1] V. Goldschmidt. Über Ätzfiguren, deren Entstehung und Eigenart. Zeitschr. Krist. 1904, **38**, 273.

нову для таких критериев дали нам акцессории на поверхностях граней (бугорки травления и ямки травления, с одной стороны, плоские грани с прямыми ребрами — с другой) и связанные с ними особенности световых рефлексов.

Обстоятельное исследование кристаллов позволило твердо установить такие критерии. С их помощью удалось подтвердить вышеприведенные истолкования форм.

Изучение явлений растворения (особенно на кальците) привело к разработке теории механики процесса растворения.[1] Эта теория дала понятия о главных направлениях растворения кристаллов, о потоках сноса и привноса, которые оставили следы своих путей на поверхностях граней растворяющегося тела. По этим следам, по ямкам и бугоркам травления, по высверленным ими углублениям и бороздкам выявляется история кристалла.

Аналогия. Так завоеватель отмечает свой путь и свою деятельность в мировой истории теми опустошениями, которые он производит, дорогами, которые он прокладывает, памятниками, которые он создает, картинами и надписями, которые он оставляет. Прочитать историю отдельных людей, отдельных народов и, наконец, всего человечества по этой летописи — это задача историков и археологов. Точно также наша задача, задача кристаллографов, заключается в том, чтобы научиться читать летопись, начертанную на поверхности кристалла, и таким способом проникнуть в тайну истории отдельного кристалла, группы кристаллов и, наконец, всего мира кристаллов.

Упомянутая теория механики процесса растворения основана главным образом на опытах, проведенных на кристаллах известкового шпата. Перед нами стояла задача, с одной

[1] V. Goldschmidt. Zur Mechanik des Lösungsprozesses. Zeitschr. Krist., 1904, **38,** 656. — Goldschmidt u. Wright. Über Ätzfiguren, Lichtfiguren u. Lösungskörper. N. Jahrb. Miner., 1903, Beil. Bd. **17,** 355. — Goldschmidt u. Wright. Über Lösungskörper u. Lösungs-Geschwindigkeiten. N. Jahrb. Miner., 1904, Beil. Bd. **18,** 335. — Ph. Hochschild. Stud. an Zinkblende. N. Jahrb. Miner., 1908, Beil. Bd. **24,** 151.

стороны, понять и истолковать с помощью этой теории явления, наблюдающиеся на алмазе, а с другой — проверить самую теорию на примере алмаза. Действительно, таким путем удалось сделать понятными наблюдающиеся явления, а вместе с тем собрать и факты, иллюстрирующие теорию.

Пригодность алмаза для данного исследования

Алмаз особенно удобен для кристаллографических исследований по целому ряду причин.

1. Тысячи тысяч алмазов, покрытых со всех сторон естественными гранями, хранятся на складах ювелиров и предназначены для осмотра и продажи. Нет драгоценного камня, более известного и более распространенного в ювелирном деле. Собирается всё, что носит название алмаза: большие и маленькие, прозрачные и мутные, даже самые незначительные кристаллы не остаются без внимания. Однако именно самые невзрачные и неправильные кристаллики представляют зачастую наибольший научный интерес.

2. Благодаря исключительным твердости и стойкости все кристаллики алмаза такие чистые и блестящие, такие свежие, как будто бы они только что образовались. Никаких следов истирания или разрушения. Тем самым наилучшим образом сохраняются все детали поверхностного строения граней. Способность алмаза в совершенстве отражать лучи дает световые рефлексы на гониометре для всех тончайших его акцессорий.

3. Простота химического состава (чистый углерод) приводит к тому, что все кристаллики алмаза из любого месторождения химически тождественны. Поэтому нарушение в строении и колебания в углах между гранями обусловлены здесь неизоморфными наслоениями.

И высокая стоимость не препятствует изучению алмаза. Преимущество алмаза заключается в том, что он, кроме

минералогического интереса, представляет собою большую рыночную ценность, которую всегда можно приобрести и перепродать. Кроме того, для кристаллографов наиболее замечательными и любопытными являются часто как раз те кристаллики, которые меньше всего ценятся на рынке. Сюда относятся мелкие, мутные, желтые, бурые, проросшие и сдвойникованные экземпляры, которые употребляются лишь для технических целей (для бурения, резки, гравировки и в виде порошка для шлифовки).

Материал для исследований

Всего в настоящей работе было исследовано 289 кристалликов из различных месторождений; их общий вес составлял приблизительно 200 карат (40 г).

Описанные далее кристаллы частично являются нашей собственностью, частично же были нам любезно предоставлены для изучения из следующих коллекций.

Коллекция Фрейбергской горной академии (горн. советн. Р. Бек).

Коллекция Венского университета (проф. Ф. Бекке).

Коллекция Естественно-исторического придворного музея в Вене (Ф. Беверт).

Коллекция Минералогического института при Боннском университете (Р. Браунс).

Коллекция Высшей технической школы в Шарлоттенбурге (Я. Гиршвальд).

Коллекция Кильского университета (проф. А. Ионсен).

Коллекция Фрейбергской горной академии (горн. советн. Ф. Кольбек).

Частная коллекция проф. А. Ниса в Майнце.

Коллекция Высшей технической школы в Мюнхене (К. Эббеке).

Частная коллекция коммерции советника Г. Зелигмана в Кобленце.

Коллекция Национального музея в Праге (К. Врба).

Коллекция Московского университета (проф. В. Вернадский).

Описание каждого кристалла сопровождается указанием на место его хранения. Это сделано с той целью, чтобы каждый мог сравнить описание с оригиналом и, в случае надобности, проверить и дополнить его.

Измерения, изображения проекций и рисунки кристаллов выполнены А. Е. Ферсманом, за исключением фиг. 129 табл. 19 и фиг. 231 табл. 34. Первый принадлежит д-ру А. Лиффа, второй — д-ру Л. Хахлову.

Система форм. Типичные и недостоверные формы. Их критический обзор

Формы алмаза описывались и изображались с тех пор, как вообще стали описывать формы кристаллов. По этому вопросу существует богатая литература.[1] Округлые грани привлекали внимание всех исследователей. Имеются изображения таких образований, иногда прекрасно передающие их внешний вид. До сих пор, однако, отсутствовала возможность измерения и обсуждения округлых граней. Такая возможность появилась только после изобретения двукружного гониометра.

Вместо округлых граней в обозначениях форм часто приводятся многочисленные символы. Однако критический их просмотр показывает, что большинство таких символов принадлежит не типичным граням, а искривлениям поверхности.

Вследствие сильного блеска таких участков и их близости к типичным положениям исследователи и приписали им приближенные символы (см. табл. 1, фиг. 1):

---

[1] Более подробные данные о формах, указанных в литературе, см. в исторической части (стр. 120).

№	Буквы	Символы	Миллер	Автор	Год
1	c	0	001	Бурнон	1815
2	(a)	$0\frac{1}{3}$	013	Розе—Задебек	1876
3	(g)	$0\frac{2}{5}$	025	Еремеев	1871
4	(e)	$0\frac{1}{2}$	012	Розе—Задебек	1876
5	(b)	$0\frac{2}{3}$	023	Леви	1837
6	(i)	$0\frac{3}{4}$	034	„	1837
7	(XX)	$0\frac{7}{9}$	079	Бернгарди	1810
8	(σ)	$0\frac{4}{5}$	045	Кайзер	1909
9	(A)	$0\frac{10}{11}$	0·10·11	Розе—Задебек	1876
10	d	01	011	Ромэ Делиль	1783
11	(l)	$\frac{1}{5}$	115	Розе—Задебек	1876
12	(m)	$\frac{1}{3}$	113	Розе	1872
13	q	$\frac{1}{2}$	112	Розе—Задебек	1876
14	n	$\frac{2}{3}$	223	Ферсман и Гольдшмидт	1910
15	p	1	111	Ромэ Делиль	1783
16	(X)	$\frac{2}{7}1$	277	Еремеев	1899
17	v	$\frac{1}{3}1$	133	Гаюи	1822
18	(:)	$\frac{2}{5}1$	255	Еремеев	1899
19	u	$\frac{1}{2}1$	122	Гаюи	1822
20	w	$\frac{2}{3}1$	233	Еремеев	1871
21	(x)	$\frac{1}{3}\ \frac{2}{3}$	123	Леви, Пресль	1837
22	(ω)	$\frac{1}{4}\ \frac{3}{4}$	134	Розе—Задебек	1876
23	(Σ)	$\frac{1}{5}\ \frac{4}{5}$	145	„ „	1876
24	(Φ)	$\frac{1}{6}\ \frac{5}{6}$	156	„ „	1876

Продолжение

№	Буквы	Символы	Миллер	Автор	Год
25	(y)	$\frac{1}{2}\ \frac{3}{4}$	234	Скакки	1862
26	(z)	$\frac{1}{5}\ \frac{3}{5}$	135	Еремеев	1897
27	(Ξ)	$\frac{1}{7}\ \frac{3}{7}$	137	„	1898
28	(Θ)	$\frac{1}{9}\ \frac{7}{9}$	179	„	1896
29	(:)	$\frac{1}{64}\ \frac{63}{64}$	1·63·64	„	1899

Из всех этих форм только следующие восемь были с достоверностью установлены как типичные формы:

1) **p** = 1 (111) встречается очень часто.

2) **c** = 0 (001) наблюдается редко. В виде плоских граней была нами установлена лишь для следующих семи кристаллов: **12**, **13**, **17**, **52**, **113**; кроме того, на одном кристалле ее отметил К. Врба и на одном И. Гиршвальд.

3) **d** = 01 (011) отмечена в виде тонких линий для семи следующих кристаллов: **8**, **11**, **16**, **17**, **50**, **169** [6] и на одном кристалле И. Гиршвальда. Ср. также крист. **114.**

4) **q** = $\frac{1}{2}$ (112) установлена достоверно на крист. **20**, на крист. **10** и **26** ее наличие — под вопросом. Розе и Задебек удостоверяют ее появление в виде узких, но блестящих и хорошо измеряемых гранок (Abh. Ak. Berlin, 1876, 93).

5) **n** = $\frac{2}{3}$ (223) установлена на крист. **16**.

6) **v** = $\frac{1}{3}$ 1 (133) установлена на крист. **50.** Упоминается у Гаюи (Miner., 1822, **4**, 421) под обозначением **n** = $^2B^2$.

Делафосс придал ей символ $\mathbf{a}\frac{1}{3}$ (Miner., 1860, **2**, 157).

7) $\mathbf{u}=\frac{1}{2}1$ (122) наблюдалась на семи кристаллах: **8**, **10**, **13**, **16**, **17**, **159** и на одном кристалле у И. Гиршвальда. Упоминается у Миллера (Miner., 1852, 177); у Розе—Задебека (Abh. Ak. Berlin, 1876, 94) находится в виде узких гранок и ступенек в ямках роста. В последнем случае она относится к вициналям и не установлена достоверно.

8) $\mathbf{w}=\frac{2}{3}1$ (233) установлена на крист. **50**.

Все остальные формы в результате пересмотра должны быть вычеркнуты из списка достоверных типичных форм алмаза.

Необходимо подчеркнуть следующий замечательный факт. Все достоверные формы образуют один единственный нормальный ряд № 3:

c	(m)	q	n	p	w	u	v	d	
0	$\left(\frac{1}{3}\right)$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{3}{2}$	2	3	∞	= **№ 3**

В ряду № 3 отсутствует лишь $\mathbf{m}=\frac{1}{3}$, упоминавшаяся Розе, но как ямка травления, т. е. не как типичная форма (Monatsb. Ak. Berlin, 1872, 527). Эта форма настолько вероятна, что следует ожидать ее обнаружения. Пока, несмотря на усердные поиски, мы всё же не смогли ее найти на нашем богатом материале.

Общая картина достоверных типичных форм дана на фиг. 3 табл. 2. На этом рисунке показан избранный масштаб для всех наших изображений с картинами световых рефлексов.

Форма $\mathbf{l}=\frac{1}{5}$ (115), согласно Розе—Задебеку, является плоскогранной. Однако возникает подозрение, что принятые за $\frac{1}{5}$ грани принадлежат

пластинкам двойника по шпинелевому закону. Октаэдрическая плоскость в таком двойниковом положении совпадает как раз с положением $\frac{1}{5}$. Проф. Ионсен в Киле любезно предоставил нам оригинальный кристалл из университетского собрания. Исследование этого образца говорит за то, что отмеченная плоскость является октаэдрической гранью двойниковой пластинки, или за то, что она соответствует форме, вызванной двойникованием; тем самым принадлежность $\frac{1}{5}$ (115) к типичным формам алмаза не доказана.

Фиг. 1 табл. 1 представляет в виде гномонической проекции общую совокупность форм, упоминавшихся в литературе. Сверху, на прозрачной бумаге, дана о б щ а я к а р т и н а с в е т о в ы х р е ф л е к с о в. Из нее видно, к каким преимущественно местам искривленных поверхностей приурочены местоположения граней.

На изображении в проекции опущены лишь недостоверные формы $\times\times = 0\frac{7}{9}$ и $\vdots = \frac{1}{64}\frac{63}{64}$ вследствие недостатка места на чертеже.

Число достоверных типичных форм на алмазе увеличится в том случае, если удастся найти большее количество алмазных кристаллов, история образования которых закончилась стадией чистого роста, без участия растворяющих влияний, с которыми связано искривление граней. На поиски таких кристаллов следует обратить особое внимание.

Обусловливающие облик кристалла т и п и ч н ы е (плоскогранные) ф о р м ы р о с т а принадлежат лишь о к т а э д р у **p** (табл. 5, фиг. 33), изредка в комбинации с меньшими гранями куба (табл. 7, фиг. 47).

Кроме того, на образование облика влияют л о ж н ы е г р а н и р о с т а, а именно:

[**d**] — додекаэдрические ложные грани, слагающиеся из краев пластинок роста. Иногда они целиком образуют кристалл (табл. 5, фиг. 35), чаще встречаются вместе с **p** (табл. 5, фиг. 38) и реже с [**c**] и **p** (табл. 5, фиг. 37);

[c — ложные грани куба, шероховатые или ясно сложенные из октаэдрических вершин. Встречаются вместе с подчиненными **p** и [**d**] (табл. 5, фиг. 37; табл. 21, фиг. 139).

Мы перечислим важнейшие комбинации, которые будем в дальнейшем считать за исходные формы, дающие начало разобранным далее телам растворения.

Исходные формы

Исходной мы назовем ту форму, которую имел кристалл в момент, когда в основном закончилась история его роста и началось растворение.

Следует, однако, иметь в виду, что в большинстве случаев рост и растворение одновременно изменяли облик кристалла. И всё же, несмотря на это, для истории образования кристалла важно знать его исходную форму. К сожалению, это не всегда возможно.

Эти исходные формы мы можем вывести в большинстве случаев с достаточной точностью, основываясь на имеющихся кристаллах, измененных растворением. Конечно, это может быть сделано лишь довольно грубо, с помощью форм, определяющих облик (ср. стр. 51).

За исходные тела можно принять следующие.

1. **p**. Чистый плоскогранный октаэдр

пример: крист. **2**, табл. 5, фиг. 33.

Октаэдр с ямками роста, обычно в середине граней

пример: крист. **18**, табл. 9, фиг. 62.

Октаэдр с отступающими, сложенными из резко выраженных пластинок, иногда углубленными ребрами

пример: крист. **5**, табл. 5, фиг. 36.

pp'. Тетраэдрическое образование. Один из двух тетраэдров — маленький

пример плоскогранного кристалла отсутствует. Ср. табл. 25, фиг. 171, а также рис. 82—84 [7].

2. **p**+**c**. Чаще встречаются в равном развитии в том смысле, что октаэдрические грани приближаются к равносторонним шестиугольникам
пример: крист. **13**, табл. 7, фиг. 48;
с преобладающими гранями **p**
пример: кристалл **12**, табл. 7, фиг. 47;
реже **c** с маленькими гранями **p**
пример отсутствует. Ср. табл. 7, фиг. 51.
3. **p**+**d**, **p**+[**d**]. Как правило, **p** доминирует. Додекаэдр обычно с исштрихованными ложными гранями [**d**], иногда, однако, и в виде плоскогранной типичной формы
пример: крист. **6**, табл. 5, фиг. 38.
4. **p**+**d**+**c** или **p**+[**d**]+**c**. Куб обычно является подчиненным
пример: крист. **15**, табл. 5, фиг. 37.
5. **d** или [**d**]. Один додекаэдр без других форм
пример: крист. **4**, табл. 5, фиг. 35.
6. **c**. Один куб, либо плоскогранный, либо с гранями [**c**], образованными октаэдрическими вершинками
пример отсутствует.
7. **c**+**d** или **c**+[**d**]. **c** преобладает. Иногда также с маленькими гранями **p**
пример: крист. **56**, табл. 21, фиг. 139.
8. **c**+пирамидальный куб $\left(\text{приближенно } \mathbf{e}=0\frac{1}{2}\right)$, возможно также [**d**]. Такая комбинация может рассматриваться как исходная форма крист. **65** и **71**.

В случае кристалла, лишь незначительно затронутого растворением, исходная форма выясняется непосредственно. В том случае, если растворение далеко продвинулось вперед, необходимо провести обстоятельные исследования для выяснения того, как выглядел кристалл к началу растворения. В качестве основы здесь должны служить, кроме конечного облика, бугорки травления, ямки высверливания, пограничные линии, т. е., короче говоря, все акцессории, дающие

понятие о происходившем процессе. Более подробно по этому поводу будет сказано в описаниях отдельных кристаллов.

Большинство кристаллов приближается по мере растворения к конечной форме, отвечающей кривогранному додекаэдру. Последний близок к шару, на котором, однако, всегда выступают октаэдрические вершины.

Чем более тело растворения приближается к такому общему конечному облику, тем труднее судить о его исходной форме.

Таким заключениям мешает также часто встречающееся чередование процессов растворения и роста.

Заключения об исходной форме должны основываться на наличии плоскогранных или мало измененных форм, принадлежащих к образованиям роста. Особенно удобно для этого пользоваться кристаллами из одного месторождения или даже из одной партии алмазов. Пример: крист. **13** и **46** (табл. 17, фиг. 113, 114).

Порядок важности форм. Главными первичными узлами алмаза являются октаэдр (**p**) и куб (**c**), быть может также додекаэдр (**d**). Для условий, при которых образовались дошедшие до нас алмазы, порядок важности граней является следующим:

главные грани роста: **p** > **c** > **d**;
главные грани растворения: **c** > **d** > **p**.

Световые рефлексы. Их исследование и истолкование

Округлым граням соответствуют своеобразные картины световых рефлексов, наблюдающиеся непосредственно на гониометре при использовании точечного сигнала. Эти картины легко изобразить с помощью полярных проекций (гномонических и стереографических).

Лучше всего наблюдать искривленные полосы и световые поля при малом увеличении гониометра, с полем зрения в 14°,

Замечательным и для нас в высшей степени ценным фактом является то, что гномоническая и стереографическая картины рефлексов (несмотря на некоторое искажение) дают неизмененные изображения рефлексов, наблюдающихся на гониометре. Этот факт уже отмечался ранее в литературе.[1] Данное свойство позволяет изучать световые рефлексы со всеми их переходами, разветвлениями, интенсивностями, размытыми и сгустившимися участками с помощью проекций. Изображенная на проекции картина световых рефлексов является более удобной для специального обобщенного изучения, так как видимые на гониометре картины рефлексов обычно не умещаются целиком в поле зрения. На гониометре нельзя также провести сравнение изображений типичных форм и зон.

Изучив световые рефлексы и их взаимоотношение на проекции, мы узнаем их значение и, только имея перед глазами такую проекцию, можно пользоваться непосредственно гониометрическими рефлексами, определяя их значения как в общем, так и для отдельных кристаллов. Последнее может быть достигнуто только путем длительного наблюдения и изучения.

Полученные данные становятся д о с т о в е р н ы м и лишь после нанесения их на проекцию, хотя, в простейших случаях, мы можем понять многие детали, даже не нанося их фактически на чертеж.

Изображение рефлексов — это искусство, которое следует изучать. В грубых чертах каждый может легко им овладеть. Чем больше мы изучаем и чем точнее мы стараемся изобразить картины световых рефлексов, тем они становятся всё более правильными и содержательными. Для этого надо научиться отличать существенное от несущественного, учитывать интенсивность рефлексов, оттенять их взаимные пе-

---

[1] V. G o l d s c h m i d t, Zeitschr. Krist., 1896, **26**, 3.

реходы и зарисовывать световые поля, зачастую не имеющие резких контуров.

Даже знающий и опытный исследователь, для того чтобы понять и правильно передать какой-либо кристаллический вид, должен как следует вникнуть и как бы сжиться с ним. Чем больше углубляешься и вникаешь в явления природы, тем шире охватываешь их неизмеримые богатства и тем лучше можешь их освоить.

Получение рефлексов производится следующим путем: сперва зарисовывают по возможности точный эскиз картины световых рефлексов так, как она видна на гониометре (с применением соответственного уменьшения и точечных сигналов). При этом отдельные детали картины, которых нельзя охватить в гониометре, сразу объединяются на эскизе в общую картину, которая должна по возможности точно передать взаимное расположение рефлексов и их оттенки. Характерные точки на эскизе обозначаются специальными номерами и буквами. Положение этих точек определяется с помощью измерений.

Нанесение на гномоническую или стереографическую проекцию производится с помощью таблиц тангенсов, но еще гораздо удобнее — с помощью специального проекционного транспортира.[1] Нанесенные точки связываются между собой согласно эскизу. Также, следуя эскизу, проекция затушевывается (карандашом). После этого полученное изображение уточняется и детализируется на основании сравнения с рефлексом на гониометре. Исправленный карандашный рисунок рекомендуется раскрасить красной краской (кармин). Тем самым изображение становится более наглядным, так как краска лучше передает оттенки и интенсивности световых рефлексов.

Точная разработка изображения. Упрощение и схематизация. При выборе характерных точек следует быть эконом-

---

[1] Goldschmidt u. Wright, Zeitschr. Krist., 1908, **45**, 569.

ным и нанести на чертеж лишь необходимое их количество, однако оно должно быть достаточным, чтобы обеспечить правильное расположение рефлексов. Если нет достаточного опыта в такой работе, рекомендуется нанести больше точек. Чем совершеннее эскиз и чем глубже наше познание особенностей кристалла, тем меньше требуется точек.

В результате выделения важного и второстепенного, мы неизбежно приходим к схематизации. Это вполне законно, когда мы хорошо знаем кристаллический вид и хотим только подчеркнуть некоторые его особенности. В общем надо придерживаться следующего правила: по возможности точно зарисовывать всё точно так, как мы его видим.

Дело такта и опыта исследователя найти правильный средний путь, чтобы достигнуть возможно большей точности в передаче природных явлений, избегнув в то же время чрезмерного обременения массой сложных деталей. В некоторых случаях рекомендуется тщательно изучить только один кристалл определенного типа и бегло просмотреть остальные, исследование которых может, по сути дела, служить лишь подтверждением уже полученных данных и их дополнением.

Однако не следует забывать, что каждая деталь является самодовлеющей и что каждый кристалл имеет свою собственную историю, которую он может рассказать.

Для более или менее симметрично образованных кристаллов в некоторых случаях можно ограничиться исследованием части кристалла (например, только I и II октантов), поскольку остальные будут лишь служить подтверждением. Но здесь требуется большая осторожность, чтобы не упустить что-либо важное (например гемиэдрию). Так же, как и кристаллы, ни один октант не походит на другой. И тут снова нужно суметь провести необходимые ограничения, без ущерба для точности исследования, чтобы не утонуть в массе деталей.

Фотографирование рефлексов. В настоящее время мы близки к тому, чтобы заменить эскизы, сделанные от руки, фотоснимками, сделанными через зрительную трубу. Шварцман первый предложил такие „фотограммы“.[1] Затруднительно объединять подобные снимки для получения изображений больших участков, поскольку отдельные „фотограммы“ могут быть искаженными. Всё же фотографирование рефлексов может сослужить хорошую службу при их изучении, особенно около одной точки, так же как сделанные нами эталоны для изображения картин световых рефлексов.

Данный метод уже разрабатывается, но, несмотря на отдельные хорошие результаты, нельзя считать разработку его законченной. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен далее.

Картины световых рефлексов образований роста (ро) и образований растворения (ра). Изучение кальцита, цинковой обманки и прочего свидетельствует о том, что тела растворения (*ра*) являются противоположностью тел роста (*ро*) в следующем смысле: на месте главных граней *ро* в *ра* образуются вершинки; на месте зон в *ро* в *ра* образуются ребра (гребни). Эти результаты подтвердились и при изучении алмаза.

В гномонической картине световых рефлексов грань изображается в виде точки, зона — в виде прямой линии; с другой стороны, кривогранная вершина дает в такой картине пустую область между тремя или бóльшим числом световых полей, а кривогранный гребень — полосу (пустая зональная область) между двумя световыми полями.

Таким образом, мы можем судить по картине световых рефлексов, принадлежит ли она образованию роста (*ро*) или образованию растворения (*ра*). В обоих случаях здесь наблюдаются главные узлы и главные зоны данного вида кристаллов, но проявление их разное. В *ро* мы видим точки и пря-

---

[1] N. Jahrb. Miner., 1900, **2**, 1; 1901, **1**, 9.

мые линии, в *ра* — пустые области и полосы в том же месте. В пограничных образованиях (*ро-ра*) получается смешанная картина, и здесь можно определить, какие части в картине световых рефлексов соответствуют росту и какие — растворению.

Лучшей иллюстрации, чем схематизированные картины световых рефлексов алмаза, нельзя и придумать. Предлагается сравнить картину чистого роста — крист. **13** (табл. 6, фиг. 41) — с картиной чистого растворения — крист. **29** (табл. 11, фиг. 76), — а также с картиной пограничного образования — крист. **65** (табл. 20, фиг. 137), — в котором объединяются явления роста и растворения. Предлагается сравнить между собою также схематические изображения на табл. 2: фиг. 4 (полосы рефлексов образования роста) и фиг. 5 (картина световых рефлексов тела растворения) с фиг. 6 (картина световых рефлексов образования *ро-ра*).

Зарисовка, измерение, проекция и обсуждение должны производиться постепенно и параллельно. Они не могут быть отделены также и от наблюдения и изображения соответствующей поверхности. Нужно всегда отдавать себе отчет в том, какой рефлекс отвечает тому или иному поверхностному образованию. Между этими образованиями и рефлексами существует тесная связь.

Рассмотрим ее более подробно, пользуясь простыми примерами.

Рефлексы и поверхность

Акцессории и рефлексы. Нам важно знать, какие рефлексы отвечают тем или иным поверхностным образованиям (акцессориям), чтобы расшифровать поверхность по рефлексам и рефлексы — по поверхности. Некоторые явления более ясны на поверхности (в натуре и на изображении), другие — в картине световых рефлексов.

Данные первого рода дополняются, углубляются и расширяются данными второго рода. Мы должны научиться читать и те и другие.

Невозможно рассмотреть даже вкратце все явления; выделим только простейшее и наиболее важное. При описании отдельных кристаллов приходится касаться многих явлений. И по мере углубления в изучение всех этих образований и их рефлексов открывается всё больше новых источников познания и неожиданных красот.

Наше изложение стоит в таком же отношении к явлениям природы, как учебник грамматики или истории литературы к красотам живой речи и литературного языка.

Точечный световой рефлекс. Даже самый простой рефлекс, представленный точкой, может иметь разный характер. Точка в картине световых рефлексов соответствует плоской грани. Если грань блестящая, то точка яркая, если грань матовая — то точка бледная. Решающей является не величина грани, а ее блеск. Маленькая блестящая грань может дать яркую точку в рефлексе, и, наоборот, большая, но матовая грань не дает никакой или лишь бледную точку. Правда, величина грани также увеличивает количество света.

Эта связь между гладкостью и яркостью очень важна в истолковании картин световых рефлексов как для плоских, так и для округлых граней и их полос. Здесь нужна привычка. Нередко прекрасная световая полоса отвечает маленькому подчиненному поверхностному образованию, между тем как крупные части поверхности, определяющие облик кристалла, едва заметны в картине световых рефлексов.

Итак, при измерении и обсуждении нужно тщательно, шаг за шагом, сверять, какому участку поверхности соответствует тот или иной рефлекс. При этом нужно пользоваться затемняющими ширмочками в окуляре и центрировкой при установке зрительной трубы гониометра на уменьшенную картину рефлексов.

Ореол вокруг точки в картине световых рефлексов означает, что грань не совершенно плоская; подобный ореол может быть вызван как растворением, так и ростом.

Световые полосы и световые поля. Задача становится более сложной, когда мы переходим к анализу полос и полей в картине световых рефлексов.

Поэтому нужно прежде всего ознакомиться с простейшими типами соотношения между картинами световых рефлексов и соответствующими им поверхностными образованиями. Иллюстрацией могут служить фиг. 7—22 табл. 2 и 3. Формы показаны здесь черным цветом, а рефлексы — красным. За источник света принят точечный сигнал.

На основании формы поверхности можно выделить следующие типы рефлексов.

1. Плоской грани в картине световых рефлексов соответствует точка (табл. 2, фиг. 7).

2. Грани с параллельно-волнистой или исштрихованной поверхностью соответствует световая полоса, перпендикулярная к штриховке (табл. 2, фиг. 8).

3. Если исштрихованная грань изогнута в продольном направлении, вдоль по штриховке (скажем по простиранию), то световая полоса расширяется в светлое пятно — световое поле. Ширина светового поля соответствует искривлению по простиранию, а длина — искривлению акцессорий, образующих штриховку по падению (т. е. перпендикулярно к продольному направлению; табл. 2, фиг. 9).

4. Если имеются две непараллельные плоские грани, то соответствующая картина рефлексов представлена двумя световыми точками (табл. 2, фиг. 11).

5. Если эти две грани исштрихованы или изогнуты перпендикулярно к общему ребру, то они дают в рефлексе две параллельные полосы, перпендикулярные к штриховке (или перегибу). Чем больше образуемый ими ребровый угол, тем ближе сходятся обе полосы (табл. 2, фиг. 12).

6. Если эти две грани исштрихованы или изогнуты параллельно общему ребру, то в рефлексе получаются две полосы одинакового направления, перпендикулярные к штриховке (или перегибу); другими словами, получается общая световая полоса, с перегибом на месте ребра (табл. 2, фиг. 13).

7. Если обе грани изогнуты и по падению и по простиранию, то в картине световых рефлексов получаются два светлых поля, разделенных пустым участком (зональная область) на месте ребра (табл. 2, фиг. 14).

8. Конической поверхности в картине световых рефлексов соответствует светлое кольцо, пустое в середине. Чем острее конус, тем шире кольцо (табл. 3, фиг. 15).

9. Если конус изогнут по падению, то световая полоса кольца расширяется (табл. 3, фиг. 16).

10. Если конус округлый, без заострения вверху, то световое кольцо заполняется внутри и образует круглое светлое пятно (табл. 3, фиг. 17).

11. Если конус притуплен плоской гранью, то в кольце получается световая точка (табл. 3, фиг. 18).

12. Четыре грани пирамиды дают в рефлексе четыре точки (табл. 3, фиг. 19).

13. При одинаковом наклоне, когда меняется только величина граней, соответствующая картина световых рефлексов не изменяется (табл. 3, фиг. 20).

14. Если все четыре грани исштрихованы, то получаются четыре световые полосы, перпендикулярные к штриховке (табл. 3, фиг. 21).

15. Если грани пирамиды изогнуты и по падению и по простиранию, то получается картина световых рефлексов, подобная изображенной на фиг. 22 табл. 3.

16. Шестигранной исштрихованной пирамиде соответствует рефлекс, подобный изображенному на фиг. 10 табл. 2. В зависимости от характера штриховки полосы могут скрещи-

ваться, т. е. выходить из общей точки, или образовывать пустую область вокруг точки пересечения.[1]

Типы рефлексов можно различать следующие: световую точку, световую полосу, световое поле (светлое пятно). Каждый из этих рефлексов может быть ярким, бледным, отчетливым или расплывчатым; но в каждом случае характер рефлекса соответствует особенностям формы и строения поверхности.

Величина грани также играет роль: чем меньше грань, тем бледнее рефлекс.

Если световая точка окружена световым пятном, то мы называем это пятно ореолом.

Особенно разнообразны типы световых полос. Последние могут состоять из точек, штрихов, нитеобразных и паутинообразных узоров; некоторые из них являются резкими, другие размытыми, сглаженными. Все эти особенности световых полос объясняются свойствами кристаллических поверхностей, как это будет показано далее, при описании отдельных алмазных кристаллов.

То же самое относится к световым полям.

Подчеркнем еще раз, что картина световых рефлексов для целого кристалла является обобщенной картиной, складывающейся из отдельных рефлексов, получаемых от различных участков кристаллической поверхности. Местами такие рефлексы налагаются друг на друга. Подобные перекрытия могли бы запутать картину, если бы природе кристалла (чудесным образом) не было присуще особое свойство, обусловливающее объединение всех рефлексов в одну органически связанную общую картину, характерную для кристаллов данного рода. Таким образом, рефлексы не только не мешают друг другу, а дополняют и обобщают картину.

---

[1] Ср.: Goldschmidt u. Wright, N. Jahrb. Miner., 1903, Beil. Bd. **17**, 355—380.

Трудности при изучении связи между рефлексом и кристаллической поверхностью возникают там, где на кристалле имеются входящие углы. Они наблюдаются особенно часто на двойниках, но бывают и на отдельных кристаллах.

Для входящих углов участки поверхности и отвечающие им рефлексы расположены в обратных направлениях: то, что на кристаллической поверхности находится направо, в картине рефлексов оказывается налево. Последнее весьма затрудняет истолкование картин световых рефлексов. См., например, крист. **122**.

В этих случаях ясность достигается путем затемнения отдельных участков граней при наблюдении и путем зарисовки отдельных деталей поверхности с соответственным рефлексом при изображении. Хорошую помощь при этом оказывают различные краски, причем всё, принадлежащее одному индивиду, раскрашивается одной краской. Так, например, индивиды одного двойника и соответствующие им рефлексы окрашиваются в красный или соответственно в синий цвет. Особенно важным является такой способ для изображения сложных двойников. См. накладные листы и проективные изображения на наших табл. 33—40.

Изображения кристаллических поверхностей. Перспективные изображения. Измерение и обсуждение кривогранных кристаллов поставило новые и большие задачи в отношении изображения кристаллов. В этом случае недостаточно изображать строение идеализированных фигур или фигур, приближающихся к природным образованиям, с прямолинейными ребрами. Недостаточно также зарисовывать отдельные детали таких фигур. В кривогранных фигурах всё является искривленным и округлым — и ребра и грани, — здесь наблюдаются постоянные переходы, непрерывная изменяемость.

С кривогранными нередко чередуются прямолинейные части с плоскими гранями. На последних наблюдаются различные акцессории: образования растворения и роста, ямки и бугорки травления, штриховка, ступенчатость, округлости,

резко ограниченные части и закругленные части, переходящие друг в друга.

Резкие линии, как прямые, так и кривые, можно вычертить. Выпуклости должны оттеняться на рисунке затушевыванием. Тем самым мы должны прибегнуть к затушеванным рисункам. Это относится и к изображениям головок (т. е. проекциям, перпендикулярным к призматической зоне) и к перспективным изображениям.

Такие изображения, выполненные иногда очень тонко, уже имеются в литературе. Это относится в особенности к работам Ф. Шарфа. Однако рисунки последнего не связаны с измерениями кривогранных кристаллов. Это просто зарисовки от руки, более или менее близкие к точным чертежам.

Ввиду важности таких зарисовок как для современных, так и для будущих исследований, необходимо было охватить эту задачу в целом и разработать соответственную методику. Настоящее исследование алмаза, а также работы В. Розицкого по топазу и П. Бербериха по сподумену дали основу для разработки такой методики. Специальное сочинение об изображении кристаллов должно в будущем объединить все полученные результаты и выводы в данной области. Здесь мы выдвинем лишь некоторые важные стороны вопроса.

Для кривогранных образований недостаточны ни рисунки от руки, ни фотографирование; здесь необходимо иметь точный чертеж. С другой стороны, одного точного чертежа также недостаточно. Детали искривлений и закруглений должны быть переданы рисунком от руки или фотографией.

Таким требованиям удовлетворяют два пути: 1) точный чертеж дополняется в отношении искривлений и закруглений с помощью рисунка или фотографии; 2) рисунок от руки или фотография исправляется и контролируется с помощью точно вычерченных направлений. Каждый из этих двух путей имеет свои преимущества. В некоторых случаях надо выбирать первый, в других — второй. В нашей работе об алмазах фотография не могла играть первенствую-

щую роль, так как ко времени разработки способа фотографирования кристаллов бóльшая часть наших рисунков была уже сделана.

Примечание к п. 1. Точное вычерчивание проводится на основе гномонической проекции. Оно дает пряморёберные изображения кристаллов. При вычерчивании кривогранных образований прямые ребра заменяются кривыми линиями. Этот способ удобен там, где искривления и акцессории играют подчиненную роль. При этом точный чертеж кристалла с прямыми ребрами служит ценным добавлением для понимания помещенного рядом изображения с искривлениями и акцессориями.[1] Из наших изображений алмазов таким способом выполнены фиг. 61 табл. 9 и другие.

Примечания к п. 2. а) Рисунок от руки следует делать на бумаге, прикрепленной к чертежу с гномоническим изображением так, чтобы можно было проверить по проекции изображаемые направления. Направления искривлений проверяются по направлениям соответствующих полос световых рефлексов. Криволинейную полосу приходится при этом подразделять на прямолинейные отрезки. Каждый такой отрезок является зональным отрезком и тем самым дает перспективное изображение для направления ребра. При этом важно и не всегда легко выяснить, какой именно части поверхности соответствует данный отрезок полосы рефлекса. Если имеются сомнения, то необходимо прибегнуть к проверке на гониометре. Последняя осуществляется с помощью изоляции интересующего нас участка поверхности путем затемнения окружающих деталей. Поэтому рекомендуется, если это возможно, не снимать кристалл с гониометра до тех пор, пока не будет закончен рисунок.

б) Фотография имеет преимущество в отношении надежности результатов, свободных от всякого субъективного влияния. Вместе с тем, однако, она воспроизводит много незначительных и ненужных деталей, особенно в случае прозрачных кристаллов. У последних часто важные поверхностные образования становятся незаметными вследствие преломления лучей внутри и отражения лучей от поверхности кристалла.

Наша задача — получить фотографию кристалла в той же ориентировке, в которой он должен быть представлен в точном перспективном изображении. Эту фотографию следует соответственно увеличить и затем (с помощью точного вычерчивания и рисунка от руки, применяя иногда черную и белую краски) подчеркнуть всё важное и уничтожить всё лиш-

---

[1] Пример — корунд: Nies u. Goldschmidt, N. Jahrb. Miner., 1908, **2**, Taf. 9, Fig. 2a, 2b.

нее. Соответственная методика разработана, относящаяся сюда аппаратура имеется налицо. По данному вопросу в скором времени, после некоторых дополнительных работ, будут опубликованы специальные статьи. Опыты в этом направлении себя оправдали. В сложных случаях это наилучший способ изображения кристаллов.

Эскизы, сделанные по фотографии по вышеизложенному способу, имеют большую ценность как основа для измерений, особенно в тех случаях, когда сложная поверхность представляет большие трудности для зарисовок. В этих случаях всё-таки следует рекомендовать такой метод, тем более, что ориентированная фотография нужна и для исчерпывающего изображения.

Обозначения различных граней, акцессорий, полос световых рефлексов и световых полей

Нами сделана попытка дать обозначения, с одной стороны, для поверхностных образований и акцессорий и, с другой стороны, для соответствующих им световых картин (световые точки, полосы, поля). Исходя из буквенных обозначений и прибавленных к ним овальных () или прямоугольных [ ] скобок, можно узнать, о каком образовании идет речь и как они друг к другу относятся.

При пользовании этими обозначениями выяснилось, что и сложную световую картину можно всегда расчленить на несколько типов световых полос, которые повторяются и на других кристаллах такого рода. Благодаря этому оказалось возможным дать вполне понятное описание отдельных кристаллов и извлечь и выяснить всё сходное и сравнимое в различного рода проекциях и изображениях поверхности, применяя лишь небольшое число буквенных обозначений и скобок.

Нижеследующие обозначения были приняты нами для алмаза. Однако разработанный здесь принцип может с успехом применяться и для аналогичных описаний других кристаллов.

А. Образования роста.

Плоские грани и их точечные рефлексы:

p, **d**, **c** (строчные буквы).

Ложные грани, состоящие из параллельных прямолинейных краев пластинок. Сюда относятся цилиндрические искривления и грани, состоящие из прямореберных вершин:

[p], **[d]**, **[c]** (строчные буквы в [ ]).

Соответствующие рефлексы (в гномонической проекции — прямолинейные):

[A], **[D]**, **[C]** (прописные буквы в [ ]).

B. Образования растворения в различных стадиях этого процесса.

Грани с ямками травления и холмиками травления. Округлые изогнутые грани, возникшие в результате растворения:

(p), **(d)**, **(c)** (строчные буквы в ( )).

Соответствующие им рефлексы — кривые световые полосы, частью расширяющиеся в световые поля и расщепляющиеся:

(A), **(B)**, **(C)** (прописные буквы в ( )).

Бывают также поля, которые образуются благодаря слиянию двух (или большего числа) расширенных полос, например из полос **(C)** и **(E)**. Такие поля обозначаются двумя буквами. Пример: **(CE)**.

Полосы световых рефлексов. Особая тщательность требуется при обозначении полос световых рефлексов, потому что в сложной картине рефлексов (например табл. 8, фиг. 56), и главным образом в обобщенной картине на фиг. 2 табл. 1, полосы постоянно переходят друг в друга и приходится расчленять соответствующим образом картину на отдельные части. Эта задача облегчается наличием картин, в которых отдельные полосы выступают совершенно самостоятельно. Они указывают путь к естественному делению сложных картин.

На накладной фиг. 2 к табл. 1 наглядно показано наше расчленение обобщенной картины для алмаза на отдельные полосы (кривые) и (прямые) и их обозначения.

То же самое имеет место и для кривогранных поверхностных образований, которые тоже всегда переходят друг в друга. Здесь также следует производить тщательное их разделение. Последнее можно осуществлять при помощи тех кристаллов, на которых эти образования выступают отдельно.

В отношении обозначений их рефлексов надо было быть особенно осторожным, так как изучение таких образований является новым и непривычным. В то же время изучение самих поверхностных образований, в том числе и весьма сложных, уже производилось прежде, в связи с чем для них были уже прежде разработаны и соответственные обозначения.

Фиг. 2 табл. 1 = накладная фиг. 1 дает обобщенную картину световых рефлексов, наблюдавшихся на алмазе. Эта картина представляет обобщающее целое, в которое органически включаются световые картины отдельных кристаллов. Основываясь на известных нам данных, можно сказать, относя это и к алмазу, что каждый род кристаллов имеет только одну обобщающую картину световых рефлексов, в которой отражается его сущность, так же как для каждого рода кристаллов существует только одна общая картина типичных (плоскогранных) форм (общая картина проекций). Новые наблюдения дополняют такую обобщенную картину только в деталях, не меняя ее характера.

Общая картина световых рефлексов и общая картина проекций стоят в тесной связи. Обе различным способом выявляют сущность данного рода кристаллов. Одно становится понятнее из одной картины, другое — из другой. Нам надо суметь разобраться в обеих картинах. Связь между общей картиной рефлексов и общей картиной проекций выясняется из фиг. 1 и из накладной фиг. 1 табл. 1.

Для алмаза нами используются нижеследующие буквы.

Поверхностные образования.

1. **p**, **c**, **d**, **q**, **h**, **v**, **u**, **w** — типично плоские грани.
2. [**d**] — додекаэдрическая ложная грань (прямолинейно исштрихована краями пластинок). Пример: табл. 5, фиг. 35 и 36.

   [**c**] — кубическая ложная грань (из прямореберных вершин октаэдра). Пример: табл. 5, фиг. 37.
3. (**p**) — октаэдрическая или тетраэдрическая округлая грань (редка). Пример: табл. 32, фиг. 221.

   (**d**) додекаэдрическая грань растворения (наиболее часто встречающаяся грань после плоскогранного октаэдра (**p**)). Пример: табл. 12, фиг. 81.

Несколько других буквенных обозначений, которыми пользовались только при описании отдельных кристаллов, даны при описании этих кристаллов.

Рефлексы. Мы различаем на алмазе следующие полосы световых рефлексов (см. обобщенную картину рефлексов на фиг. 2 табл. 1 с накладным листом, а также табл. 2, фиг. 4—6):

1. Полоса [**D**]. Важнейшая прямолинейная полоса роста; она следует зональной линии **pdp**. Пример: табл. 4, фиг. 27.
2. Полоса [**B**]. Прямолинейная полоса роста, которая следует от **p** к **c**. Пример: табл. 6, фиг. 42.
3. Полоса [**A**]. Образует крест вокруг точки куба и часто находится в связи с полосой [**B**]. Она соответствует большей частью новообразованиям роста внутри ямок высверливания на кубе. Пример: табл. 22, фиг. 151.
4. Полосы (**K**) и [**K**] почти всегда связаны с (**A**), большей частью прямолинейные в зоне **cdc**. Пример: табл. 20, фиг. 137.
5. Полоса (**F**) примыкает к полосе [**B**]. Вблизи точки **p** она искривленная и переходит в полосу (**D**). Эта полоса

встречается исключительно у двойников и генетически связана с явлениями, которые отражаются на двойниковых границах. Пример: табл. 37, накладная фиг. 249.

6. Полоса (**D**) — важнейшая полоса растворения у алмаза. Она следует от **p** к **p** вдоль зоны **pdp** и делится на две ветви, которые окружают пустую зональную область вокруг **d**. Пример: табл. 8, фиг. 54.
7. Полосы (**L**) — небольшие расчлененные полосы, которые связывают две ветви полосы (**D**), пересекая зональную область. Такие полосы (**L**) имеются только у „зализанных“ кристаллов. Пример: табл. 11, фиг. 79.
8. Полоса (**C**) — важная полоса растворения, которая тянется в виде дуги, вогнутой возле **c**, приблизительно от $\frac{3}{4}0$ возле $\frac{1}{2}$, не достигая $\frac{1}{2}$. Эта полоса расширяется возле $\frac{3}{4}0$ и перекрывается здесь средней частью полосы (**D**). Обычно связана с полосой (**E**). Она соответствует образованиям растворения, по большей части бугоркам травления. Пример: табл. 8, фиг. 54.
9. Приблизительно концентрические полосы (**E**) — ($\mathbf{E_1}$), ($\mathbf{E_2}$), ($\mathbf{E_3}$), — выпуклые относительно **c**, также являются полосами растворения. Они образуют дуги, которые смыкаются по-разному с полосой (**C**), образуя эллипсы (**CE**). Пример: табл. 10, фиг. 69.

Эти девять типов полос являются важнейшими. Кроме них, имеются еще другие, менее закономерные и менее типичные. О них будет сказано далее, при описании отдельных кристаллов.

Гемиэдрия

Тетраэдрическая гемиэдрия алмаза вызывает еще существенные сомнения. Основой для приписания алмазу гемиэдрической симметрии служат некоторые тетраэдрически образованные кристаллы и особенно двойники прорастания по закону Розе. Первые можно рассматривать как случай-

ные неправильные образования, последние истолковываются с достаточным основанием как простые кристаллы. Тем самым доводы для принятия гемиэдрии алмаза нельзя было не признать в достаточной мере шаткими.

Перед нами стояла задача выяснить и по возможности окончательно разрешить этот вопрос. Наши исследования дали строгие и неоспоримые доводы в пользу гемиэдрии. Тем самым гемиэдрия оказалась, повидимому, подтвержденной.

Двойники

Двойники алмаза известны по двум законам.

1. По шпинелевому закону образуются, с одной стороны, двойники срастания (или контактные двойники) как простые, так и полисинтетические; с другой стороны, тому же закону подчиняются сложные двойники прорастания.

2. По закону Мооса — Розе имеем поворот на 90° вокруг оси $\perp \mathbf{c} = 0$. Такие двойники могут существовать лишь при наличии гемиэдрии. Так как последняя подтверждается, то тем самым подтверждается и возможность образования таких двойников. Они являются в то же время гетероосными срастаниями (гетеро-двойниками),[1] в которых почти однозначные направления $\pm\pm$ **p** уравниваются между собой.

Сложные двойники по обоим законам широко распространены вплоть до тончайших образований. В двойниках по шпинелевому закону наблюдается тонкая пластинчатость, обычно одновременно по всем четырем направлениям. Особенно часто это выявляется на телах растворения. В двойниках по шпинелевому закону сложные двойники также должны быть, поскольку гемиэдрия является подтвержденной, хотя и слабо выраженной.[2]

Возникает вопрос: мыслимы ли вообще двойники прорастания без сложных двойников или же последние должны их

[1] V. Goldschmidt, Zeitschr. Krist., 1907, **43**, 582.

[2] О сильной и слабой гемиэдрии см.: Nies u. Goldschmidt, N. Jahrb. Miner., 1908, **2**, 99.

сопровождать. Возможность таких образований и опыт говорят не в пользу второго предположения. Этот вопрос будет нами обсуждаться в другом месте.

Двойники алмаза представляют огромный интерес, особенно в отношении образований на границе обоих индивидов. Они открыли нам важные факты, много добавившие к тому, что было найдено на простых кристаллах.

Взаимодействие обоих индивидов на двойниковой границе проявляется весьма разнообразно. Во входящих углах оно вызывает регенерацию, на выступающих углах — усиленный рост. В связи с этим такие двойники расширяются вдоль плоскости срастания и становятся плоскими. Данное явление особенно характерно для так называемых „кристаллов со швом“.

Фиг. 231 табл. 34 изображает двойник, не подвергавшийся регенерации. На фиг. 232 и 235 показаны регенерировавшие двойники. В кристалле на фиг. 233 входящий угол вследствие регенерации стал выступающим. Кристалл расширился по плоскости срастания и стал таблитчатым. Регенерация хорошо заметна также на тройнике: табл. 40, фиг. 267.

Интересный результат взаимодействия двух индивидов вдоль двойниковой границы находим на двойнике: табл. 36, фиг. 247. В то время как на обоих индивидах наблюдаются лишь образования растворения, на границе их, внутри входящего угла, обнаруживается замечательный гребень роста. Его возникновение объясняется задержкой двух, направленных навстречу друг другу, потоков, застой которых и взаимодействие на границе привели к превращению их в потоки роста. При описании данного двойника дается попытка его подробного истолкования.

Новообразования роста вдоль двойниковой границы двух индивидов, относящихся к телам растворения, встречаются также на кристаллах, изображенных на фиг. 244 табл. 36 и фиг. 268 и 269 табл. 40.

Кроме того, наблюдались усиленное растворение и углубления в виде ложбинок на границе двух индивидов двойника: табл. 38, фиг. 257.

Изучение образований на границах особенно важно и интересно в связи с теми выводами, которые оно дает и обещает дать в отношении генетических и молекулярно-механических вопросов.

Примечание. В наших описаниях и рассуждениях почти всегда речь идет об октаэдре и очень редко о двух тетраэдрах, из которых состоит октаэдр. Последнее вполне оправдывается для тех случаев, где присутствуют оба тетраэдра и где они не отличаются друг от друга. Вместе с тем, такие случаи наиболее часто встречаются. Первопричина этого — внутренняя взаимная замещаемость мало отличающихся направлений $\pm$ **p** при образовании сложных двойников.

Аналогичный случай имеет место для кварца, где обычно речь идет о дипирамиде, так как $\pm$ромбоэдры трудно отличимы друг от друга. Природа их также не различает, так как слагает их из тончайших переплетающихся в виде сетки частиц, соединенных в двойниковых положениях.

Соединять в одно целое (в октаэдр) там, где их соединяет природа, разделять на два тетраэдра там, где их разделяет также сама природа, — вот что мы считаем естественным и, следовательно, правильным.

Генетические данные

Одновременное появление образований растворения и роста. Характерные явления роста проявляются главным образом на октаэдрических гранях. Места наиболее интенсивно выраженных ямок травления предпочтительно связаны с гранями куба. Бугорки травления приурочены главным образом к додекаэдрическим граням.

Бывает, что на одном и том же кристалле, рядом с гладкими октаэдрическими гранями с резко выраженными акцессориями роста, присутствуют типичные образования

растворения. Так, например, на крист. **101** (табл. 32, фиг. 219) наблюдаются хорошо выраженные октаэдрические грани (несомненные образования роста) с желобками на месте ребер. Округлые грани, образующие желобки, покрыты характерными для растворения бугорками травления, их головки обращены в ту сторону, откуда идут потоки растворения.

В качестве второго примера возьмем крист. **51** (табл. 19, фиг. 126). Здесь рядом с плоскими, дающими одиночные световые сигналы, октаэдрическими гранями наблюдаются на месте кубических граней гладкие блестящие закругления, отвечающие одной из стадий растворения.

Аналогичные явления наблюдаются на многих кристаллах. Большинство имевшихся у нас кристаллов, быть может большинство всех кристаллов алмаза вообще, являются одновременно и образованиями растворения и образованиями роста.

Отставание при росте вершин и ребер. Часто на плоскогранных октаэдрах наблюдаются на месте ребер желобки, появление которых связано с отставанием ребер при росте. На таких желобках заметна штриховка, образованная краями налегающих друг на друга пластинок (слоев) роста. Так же отстают при росте и вершины. На их месте появляются острые вершины пластинок. В качестве примера таких образований см. табл. 5, фиг. 36—38.

Это явление следует рассматривать как результат роста, при котором октаэдр растет быстрее, а додекаэдр и куб отстают.

Если в магме произойдет небольшое изменение в пользу растворения, то углубления, ограниченные вершинами на полюсах (вершинных гранях), дают место для высверливания ямок травления на кубе. Желобки на ребрах (ложные грани, образованные штриховкой) дают путь для стекания потоков растворения и сопровождающих явлений. Желобки, связанные с местом отставания ребер при росте, превращаются при этом в желобки растворения. Такие примеры весьма

многочисленны. См.: табл. 14, фиг. 96—99; табл. 17, фиг. 119; табл. 21, фиг. 141, 142, 144; табл. 23, фиг. 156.

На границе между ростом и растворением, при небольшом изменении в магме в пользу роста, желобки растворения снова становятся пряморебeрными и снова появляются вершинки на полюсах. Таким образом, не всегда можно провести резкую границу между ростом и растворением. Не только в нашем представлении, но и в самом его прообразе — в творящей природе — наблюдается колебание границ и их уничтожение. Иллюстрацией к сказанному служит крист. **5** (табл. 5, фиг. 36).

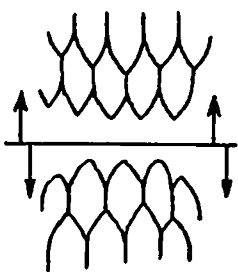


Рис. 1. Гребень.

Гребни. Пограничные линии. Краевые линии. Мы видели, что тела растворения покрываются округлыми гранями и криволинейными ребрами. Ребра генетически можно разделить на три рода. Мы назовем их: гребни, пограничные линии и краевые линии. Они различаются в отношении направления соприкасающихся с ними потоков растворения. Эти направления распознаются по направлениям вершинок холмиков растворения.

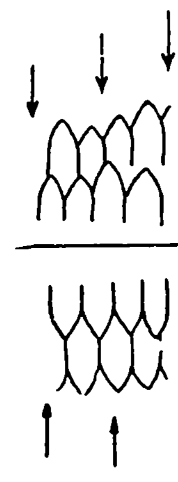
1. Гребень — это ребро, к которому подходит поток растворения, стекающий затем по обе стороны от ребра. Вершины бугорков направлены к гребню (рис. 1). Сток направлен от ребра.

Аналогией из области геологии здесь могут служить образующиеся при эрозии горные хребты.

2. Пограничная линия — ребро, на котором сталкиваются два противоположно направленных потока растворения. При этом ребро соответствует пограничной линии двух областей, в которых действует тот или иной поток. Вершинки бугорков растворения направлены в сторону, противоположную пограничной линии. Приток направлен к ребру (рис. 2). Пограничная линия обычно не является резкой и образует незакономерные искривления.

Особенно хорошие примеры пограничных линий наблюдаются на кристаллах алмаза. Здесь можно изучать пограничную линию во всех ее вариантах и переходах. Особенно незакономерный вид она имеет на фиг. 96 табл. 14.

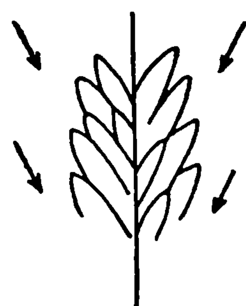
Аналогичные образования наблюдаются при сухой эрозии метеоритовых стекол, а также, в редких случаях, при мокрой эрозии, когда два потока направлены друг на друга.


Рис. 2. Пограничная линия.

3. Краевая линия — это ребро, на котором два сходно направленных потока отграничивают свои области. Вершинки бугорков растворения направлены в стороны от ребра, по косым направлениям (рис. 3).

Такие краевые линии выклиниваются иногда там, где два потока сливаются в один. Пограничные и краевые линии переходят друг в друга и практически не различимы.

Аналогичные образования дают морены в тех местах, где два косо направленных глетчера сталкиваются друг с другом, а также наносные пески, образующие как бы острые косы при слиянии двух рек.


Рис. 3. Краевая линия.

Гравированные, размытые и зализанные образования растворения. Можно различать два рода образований растворения, которые мы назовем гравированными и размытыми.

Гравированные образования состоят из ямок травления, бугорков травления, высверленных отверстий, четко выраженных вершин, гребней и желобков с соответственными рефлексами в виде световых полос и световых полей. Они наблюдались на большинстве наших кристаллов. См., например, табл. 9, фиг. 63; табл. 21, фиг. 141 и др.

Размытые образования растворения соответствуют закруглениям имеющихся вершин, ребер и граней. Закругле-

ния могут быть шаровидными, цилиндрическими или волнистыми. Если размытые образования являются гладкими и блестящими, мы называем их *зализанными*. Для рефлексов, получаемых от зализанных образований, характерны световые поля в виде паутинообразной сети. Световые нити последней соответствуют кульминационным пунктам кривизны. Примером служат: табл. 17, фиг. 114; с картиной рефлексов — табл. 16, фиг. 108; см. также табл. 30, фиг. 209, и табл. 28, фиг. 194.

Можно отметить следующие различия. *Гравированные* образования имеют своеобразные акцессории с характерными рефлексами. Наоборот, *размытые* образования не обладают своеобразными рефлексами. У них имеющиеся акцессории, а также вершины и ребра размыты и закруглены. В связи с этим их рефлексы расширены и видоизменены, но их местонахождение и направление остаются неизменными. Ср. на табл. 17 фиг. 114 с фиг. 115 и 116, а также соответственные изображения рефлексов на табл. 16: фиг. 108 с фиг. 109 и 110. *Гравированные* образования являются наиболее интересными и наиболее эффектными. Они лучше всего объясняют переходные стадии процесса растворения. Однако и *размытые* образования также представляют существенный интерес.

Условия, при которых возникает тот или иной род образований, до сих пор еще не выяснены. Их выяснение должно послужить темой специальных исследований. Но и сейчас уже ясно, что между обоими родами образований существует некоторая противоположность и что в дальнейшем необходимо объяснить как их видимое различие, так и их сущность.

Поток растворения и поток роста. Вопрос о потоке растворения рассмотрен в исследовании „К механике процесса растворения" [8]. Из приведенных там выводов следует, что растворяющие частицы маточного расплава направлены перпендикулярно к главным граням кристалла.

Поток, встретившись с гранью и унося растворенные частицы, проникает сквозь новые привносимые частицы притока и образует выносящий поток. Поток привноса и поток выноса образуют в совокупности поток растворения.

При росте также следует допускать действие потока. Изучению потоков роста уже положено начало.

Если поток растворения несет растворенные частицы, то он более насыщен ими, чем остальная магма. Возможно, что в некотором месте имеются благоприятные условия для роста и что поток в данном месте является пересыщенным. Тогда здесь начинается рост. Поток может постепенно становиться нейтральным (*н*) и в конце концов перейти в поток роста.

Поток ра-н-ро, образования ра-н-ро, рефлексы ра-н-ро. Ради краткости будем пользоваться вышеуказанными обозначениями. После сказанного ранее они не требуют комментариев. Соответственно мы будем говорить об образованиях *ра-н-ро* как о продуктах растворения и роста. Речь может итти также об образовании *н*, как мы увидим это сейчас на одном примере. Таким же образом мы говорим об акцессориях *ра-н-ро*, рефлексах *ра-н-ро* на гониометре и на проекции.

Изменение в характере потока. Поток, обтекающий поверхность граней (активный поток), может быть потоком роста (*ро*) или потоком растворения (*ра*). При решительном росте кристалла мы имеем только потоки *ро*, при решительном растворении — только потоки *ра*.

Иное наблюдается при кристаллизации из нейтрального маточного расплава (*н*). Там один и тот же поток на своем пути может в одном месте растворять, а в другом отлагать вещество кристалла. Такой поток мы назовем потоком *ра-ро*.

При полной нейтральности расплава (т. е. когда он не отдает вещества кристаллу и не отнимает его у кристалла) имеются постоянные активные потоки.

Причиной их является неодинаковое действие частиц по различным направлениям кристалла. Особенно это касается главных направлений (главных узлов). Малейшее изменение в маточном расплаве изменяет место и род такого действия.

Как и где поток *ро-ра* отлагает или удаляет вещество — зависит от следующих причин.

1. От притяжения по главным направлениям (узлам), ускоряющего поток, или, иными словами, от сил взаимодействия между частицами вдоль этих направлений.

2. От быстроты и направления потока. Его замедление способствует отложению вещества; ускорение потока способствует удалению вещества.

3. От облика поверхностного огранения.

Эти краткие выводы необходимы для обсуждения сложных переходов, явлений и образований.

Аналогия. Ручьи и реки на земной поверхности также являются на отдельных участках то выносящими (эродирующими), то осаждающими. Таким образом, их также можно разбивать на *ра-н-ро*. Даже быстрые ручьи имеют нейтральные места и участки осаждения; с другой стороны, медленно текущая вода из одних мест уносит частицы, а в других их осаждает. Здесь мы снова имеем прекрасную аналогию между растворением и эрозией.

Поток, который при своем течении в одном месте растворяет, а в другом осаждает вещество, мы назовем потоком *ра-ро*. Он имеет растворяющую часть *ра* и осаждающую часть *ро*. Между ними находится нейтральная часть *н*, где нет ни растворения, ни осаждения вещества. Бывает, что поток обладает лишь частями *ра* и *н* или *н* и *ро*. Однако, если в одном и том же потоке присутствуют части *ра* и *ро*, то в нем должна быть и часть *н*, хотя последняя может и не давать ясно выраженных соответственных образований.

Если *ро* и *н* приводят совместно к росту *ро* по октаэдру и отсутствию роста *н* по додекаэдру, то додекаэдр начинает

отступать, т. е. на месте граней додекаэдра образуются ребра октаэдра. См., например, табл. 5, фиг. 36—39.

Если при совместном действии *ра* и *н* мы имеем, например, растворение по кубу и отсутствие растворения по октаэдру (*н*), то в результате получатся ямки высверливания на месте граней куба и выдвижение вершин и ребер куба. См., например, табл. 23, фиг. 157.

На алмазе нами наблюдались все комбинации и многочисленнейшие переходы. Они существуют всюду, где наряду с явлениями растворения присутствуют явления роста. Как правило, куб является наиболее уязвимым местом, куда охотнее всего устремляется растворяющий поток. Этот поток стекает далее к додекаэдру, где встречаются на границе две его противоположные струи, и затем осаждает вещество на октаэдре, так что октаэдрические грани являются нарастающими. При этом может случиться, что октаэдр в то же время, и независимо от упомянутых потоков, берет материал из магмы и растет.

Встреча двух потоков. (Застой и отклонение). Два потока с противоположными направлениями могут встретиться друг с другом или по прямой линии (в упор), или под углом. В этих двух случаях их действие будет различным.

Два потока, направленные друг к другу по прямой линии, встречаются на пограничной линии. Вдоль этой пограничной линии возникают „водовороты", ускорения и застои. „Водовороты" могут быть направлены внутрь, и тогда они высверливают пограничный желобок (рис. 4, *1*). Либо они направлены наружу (рис. 4, *2*), и тогда в результате их заостряющего действия возникает возвышенная пограничная линия.

Если „водоворот" попадает в углубление, высверленную ямку или входящий угол, то в результате застаивания или замедления потока в углублениях может возникнуть отложение вещества, ведущее к новообразованиям на кристалле

(рис. 4, *3*). Такие явления нами наблюдались на алмазе (табл. 36, фиг. 247).

В зависимости от силы сталкивающихся потоков и от особенностей поверхности кристалла пограничная линия становится неправильной и искривленной. Иногда она является зубчатой или извилистой, как это наблюдается на лопастной линии аммонитов (табл. 14, фиг. 96).

Как правило, характерная пограничная линия для потоков стекавших от полюса **с** через **d**, направлена в алмазе вдоль,

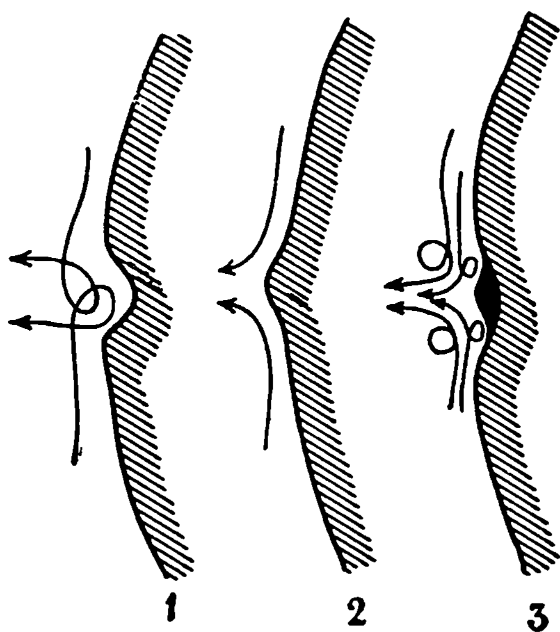


Рис. 4.

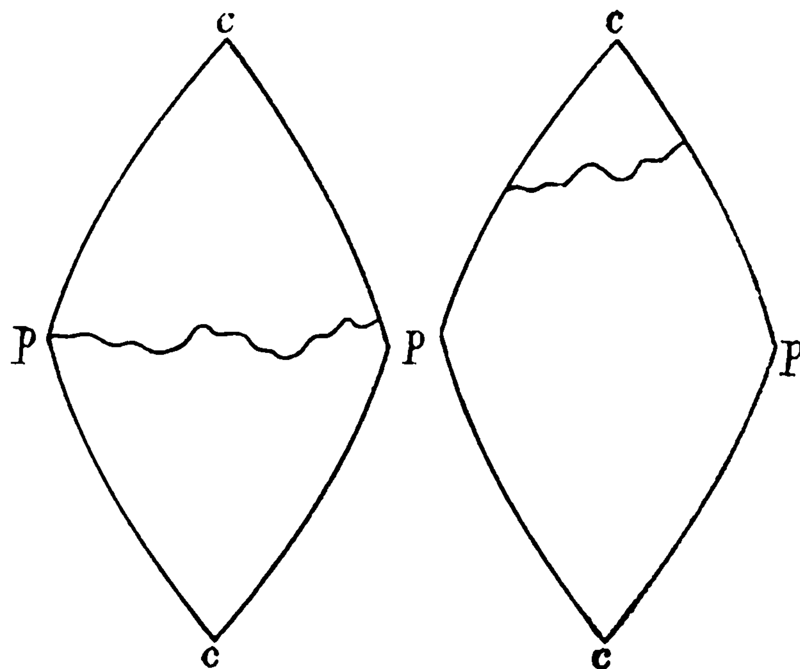


Рис. 5. Рис. 6.

короткой диагонали округлой додекаэдрической грани (рис. 5) от вершины **p** к вершине **p** (пример: табл. 12, фиг. 81 и 83). Это указывает на наличие одинаково сильных потоков с обеих сторон. Чаще эта линия сдвинута к одному из полюсов **с** (рис. 6). Иногда она даже отсутствует на такой грани вследствие слишком большого сдвига, перешедшего за полюс **с**. На фиг. 94 табл. 14 хорошо видны такие сдвиги. Они особенно часто наблюдаются на алмазах из Юго-западной Африки.

Неправильные очертания и сдвиги являются характерными свойствами пограничной линии, в отличие от гребня разъедания, направленного точно и резко от узловых точек.

Вершины разъедания и высверленные ямки разъедания. Наконец, к явлениям, вызванным механикой растворяющего процесса, следует прибавить разъедание в главных узлах, а также в главных зонах.

Сперва рассмотрим главные узлы. В качестве разъедаемого тела возьмем шар, для того чтобы не затруднять себя влиянием контуров граней. Пусть это будет большой шар, так что обширный кусок вблизи узла можно рассматривать как плоскость.

В результате первого воздействия возникают ямки травления в местах узлов и вблизи от них. Они связаны с перпендикулярно направленными потоками разъедания и с их отступлениями по тем же направлениям (рис. 7, *I* и 8, *I*). Далее многие такие ямки сливаются вместе в общие углубления, в связи с наличием высверливающих водоворотов и стеканием их в сторону (рис. 7, *II* и 8, *II*). После этого возможны два случая.

1. Разъедание, водовороты и стоки таковы, что края углубления сглаживаются, а шар возле ямки скашивается. Так возникает вершина.

Рис. 7 показывает переходы от ямок травления к вершине.

2. Разъедание, водовороты и стоки таковы, что края углубления остаются, а шар возле ямки почти не скашивается. Высверленная ямка углубляется, края ее становятся острыми. Так возникает ямка высверливания.

Рис. 8 показывает переходы от ямок травления к ямке высверливания.

Который из этих двух случаев будет иметь место — зависит от интенсивности и направления всех взаимодействующих факторов. В неодинаковых условиях, в одном и том же кристаллическом виде, в том же самом узле (на том же месте) один раз может образоваться вершинка, а в другой — ямка высверливания.

Так, например, на фиг. 145 табл. 21 мы видим в алмазе вершинку в полюсах **c** (на месте кубических узлов), а на фиг. 156—159 табл. 23 — ямку высверливания на том же месте, в том же алмазе.

С другой стороны, мы находим одновременно и вершинки и ямки высверливания на одном и том же кристалле. Так, например, встречаются кристаллы алмаза с вершинками разъедания в **р** и одновременно с ямками высверливания в **с**. Примерами могут служить фиг. 157 и 159 табл. 23.

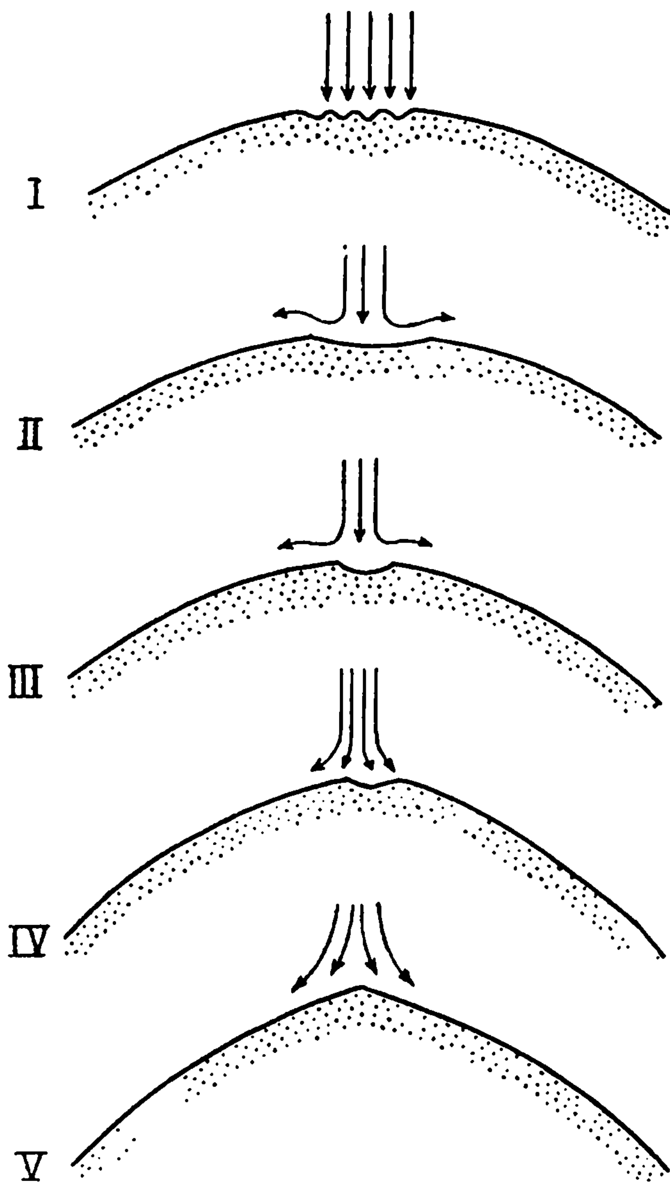


Рис. 7.

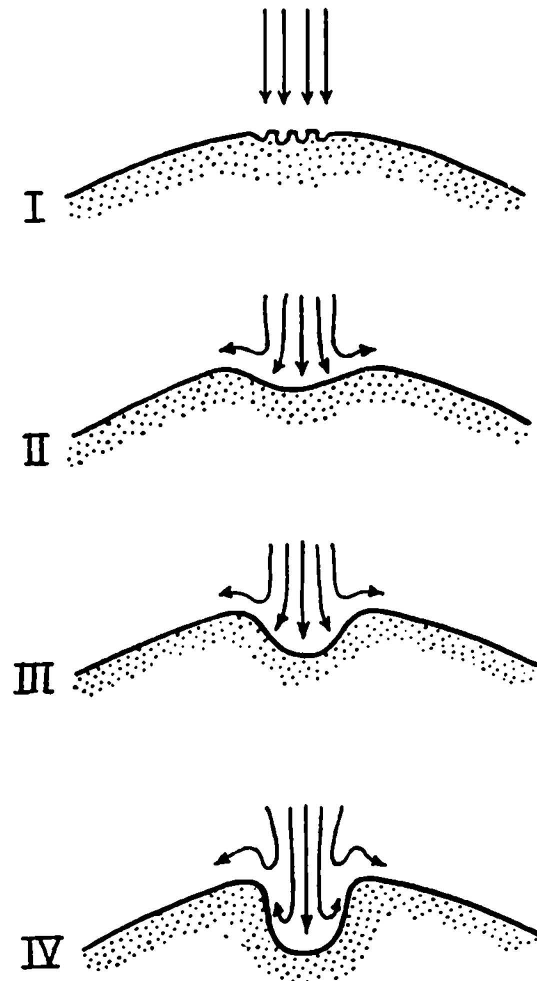


Рис. 8.

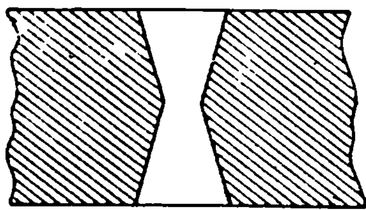


Рис. 9.

Аналогия при эрозии. Вершинкам разъедания соответствуют горные вершины, ямкам высверливания — котлы в горных ручьях и исполиновы котлы; ветровая и песчаная эрозия также имеет высверливающее действие. В геологии вершины являются мощными образованиями, высверливание — подчиненным явлением. Это зависит от особенностей стока, который (в общем) не может отклоняться вверх (как потоки растворения).

В кристаллах ямки высверливания также более редки, чем вершинки. Иногда высверливание бывает очень глубоким.

Случается, что кристалл весь покрыт ямками, бывает даже, что высверливание, начавшееся на двух противоположных гранях, сталкивается в середине и получается просвет, сходный по форме с песочными часами.

Подобные формы высверливания (в виде песочных часов) встречаются в берилле (аквамарине) из Бразилии. На рис. 9 дано схематическое изображение такого просверленного кристалла. Бывают случаи, когда в алмазе шесть воронок высверливания распространяются внутрь кристалла с граней куба. На фиг. 23 табл. 3 дано схематическое изображение подобного образования. Если эти воронки достигнут центра, то они, совместно с желобками стока, перпендикулярными к ребрам куба, вызовут расщепление кристалла на восемь частей (табл. 25, фиг. 166). Попадаются кристаллы алмаза своеобразной формы, образование которых можно объяснить этим способом. На фиг. 23а табл. 3 приводится схематическое изображение такого образца, который образовался из вершинки в правом верхнем углу кристалла, изображенного на фиг. 23. В кристаллах, изображенных на фиг. 157—159 табл. 23, высверливание всех шести граней заходит глубоко, но не достигает центра. Такие воронки высверливания были описаны Э. Х. Баумгауэром (Arch. néerland. sc. nat., 1881, **16**, 94).

Как правило, в каждом узле образуется только одна вершинка разъедания, между тем как воронок высверливания образуется либо одна, либо много. Можно наблюдать (например в кристаллах цинковой обманки), что одна грань покрыта несметным числом острых воронок, подобных глубоким следам от укола тонкой иглой. Такие грани в начале процесса обладают матовой или похожей на бархат поверхностью, а в конце концов приобретают вид щетки.

Объяснение заключается в том, что при такого рода высверливании сток (обратный поток) совпадает с направлением разъедания (перпендикулярен к разъеденной грани); в результате этого края ямок высверливания остаются острыми и перпендикулярными к грани. В вершинке разъедания, наибо-

рот, края углубления закругляются, а соседние ямки смываются. Поток стекает вкось непосредственно у самой точки расположения вершины; поэтому поблизости не может возникнуть вторая вершинка. По той же причине все гребни сходятся в данном случае в вершинке разъедания, т. е. в одной точке.

Вершинка разъедания с несколькими пиками встречается в виде исключения в тех местах, где чередуются рост и растворение. Пример приводится на фиг. 37 табл. 5, а также на фиг. 97 и 98 табл. 14. Здесь в полюсе **c** образовалась ложная грань роста, состоящая из вершинок; при последующем растворении отдельные вершинки закруглились и между ними были высверлены углубления.

Стенки и рефлексы ямок высверливания. Явления роста. Ямки высверливания сужаются книзу (в направлении центра кристалла). Глубина их, как правило, достигает определенного максимума. С увеличением глубины сила эрозии ослабевает в связи с насыщением и задержкой. Поток, направляющийся в ямку, является растворяющим вверху и нейтральным внизу. Здесь мы видим пример *ра-н*-потока.

Стенки ямок высверливания примыкают к важным зонам. Это устанавливается по направлению соответствующих полос в рефлексе. Такие ямки высверливания, ограниченные гранями, мы называем стилизованными. Это явление общего порядка — мы ознакомились с ним в ямках травления, которые также относятся к ямкам высверливания.[1]

При глубоком высверливании или при ямках с крутыми стенками случается, что эти стенки приближаются или даже переходят в один из важных типичных видов граней, в котором тенденция к росту сильнее, чем в грани, подвергающейся высверливанию. В таком случае возможно, что под действием потока *ро-ра* на высверливаемой грани будет происходить растворение, а на стенках ямки — рост. Тогда в ямках высверливания возникают образования роста с их

[1] См.: V. Goldschmidt. Über Ätzfiguren, deren Entstehung und Eigenart. Zeitschr. Krist., 1904, **38**, 273 ff. Автор пытается объяснить это явление.

характерными проявлениями на поверхности и в картине световых рефлексов.

Пример. Подобные случаи имеют широкое распространение в алмазе. Они играют здесь важную роль. В алмазах гексаэдрического облика (например табл. 21, фиг. 139—144; табл. 25, фиг. 166), а также и октаэдрического и додекаэдрического облика (например табл. 15, фиг. 101, 102, 106) нередко наблюдаются ямки травления или высверливания на месте кубических граней (**c**). Края этих углублений прямолинейны и переходят в зону **cp**. Соответственно наблюдается резкий рефлекс, исходящий из точки **c** в зональной линии, идущей в сторону **p**. Это типичный рефлекс роста. Чем глубже ямки, тем ближе подходит к точке **p** полоса в рефлексе. Это значит, что стенки становятся круче и наклон их достигает местами (максимально) наклона октаэдра **p**.

Когда наклон стенок достигает наклона октаэдра, т. е. когда в ямках высверливания образуются маленькие участки граней **p** и когда высверливающий поток (*po-pa*) превратится в поток роста для октаэдра, то начинается рост на гранках и на краях ямок и явления роста проявляются в острых краях и резких полосах в картине световых рефлексов.

Своеобразным и интересным примером является двойник, изображенный на фиг. 259 табл. 38. Мы видим здесь в меридиональном надпиле (в местах, помеченных × на накладном листе) ямки травления грани куба, подобные вышеописанным. Им соответствуют резкие световые полосы в зоне **pc** на картине проекции (табл. 39, фиг. 261). В месте, помеченном ××, которое является местом додекаэдра, общего обоим индивидам, также наблюдаются октаэдрические новообразования. На фиг. 253 табл. 37 эти новообразования показаны в увеличенном виде, с резко выраженными акцессориями и полосами в картине световых рефлексов. Октаэдрические новообразования наблюдаются также на одной октаэдрической вершинке (спереди, слева вверху на фиг. 259 табл. 38), хотя в остальном на этом кристалле наблюдаются только образования растворения.

Гребень разъедания. Желобок разъедания. За исходную форму мы принимаем конус. Между двумя узлами разъ-

едания, например **с** и **р** (табл. 3, фиг. 25 и 26), простирается зона разъедания. Допустим, что в плоскости этой зоны протекает поток растворения, который устремляется на конус по всей длине зонального участка между двумя узлами.

По простиранию зональной линии образуется ряд бугорков травления. При продолжающемся разъедании могут иметь место два случая: 1) ямки сливаются и образуют желобок, который углубляется, — желобок разъедания; 2) края ряда ямок смываются потоком, тогда образуется гребень разъедания.

Гребни разъедания представляют собою довольно обычное явление. Они образуют ребра тел растворения. Растворяющий поток стекает в сторону и образует бугорки травления, вершинки которых противостоят потоку и направлены в сторону гряды (ср. стр. 76).

Желобки разъедания пока не были установлены достоверно в чистом виде. Не всегда легко провести различие между ними и пограничными желобками и желобками стока там, где они находятся в одной активной зоне. Эти образования требуют детального изучения. К ним нужно отнестись особенно внимательно.

Зональный поток протекает в зональной плоскости. Направление разъедания может быть иным в каждой точке зональной линии, но в основном оно направлено к центру конуса. Можно допустить, что в области, окружающей каждый узел, разъедающие потоки параллельны и усиливают друг друга. Распределение отдельных участков потока по направлению и силе (сгущение) может следовать гармоническим узлам, показывающим расположение первичных и производных граней. На фиг. 26 табл. 3 изображено схематически подобное распределение по силе и направлению для зонального потока **ср**, самого важного в алмазе.

Взаимодействие нескольких потоков. *Пограничная линия у искаженных кристаллов.* Косое направление пограничной линии на узких, вытянутых гранях иска-

женных крист. **94** и **95** (табл. 30, фиг. 205 и 207) требует специального объяснения. Мы попытаемся дать его далее. Поскольку вопрос этот является принципиальным, мы уделяем ему место в Общей части нашего исследования.

Пограничные линии на додекаэдрических гранях (**d**) *алмаза*. Здесь речь может итти в основном о трех потоках:

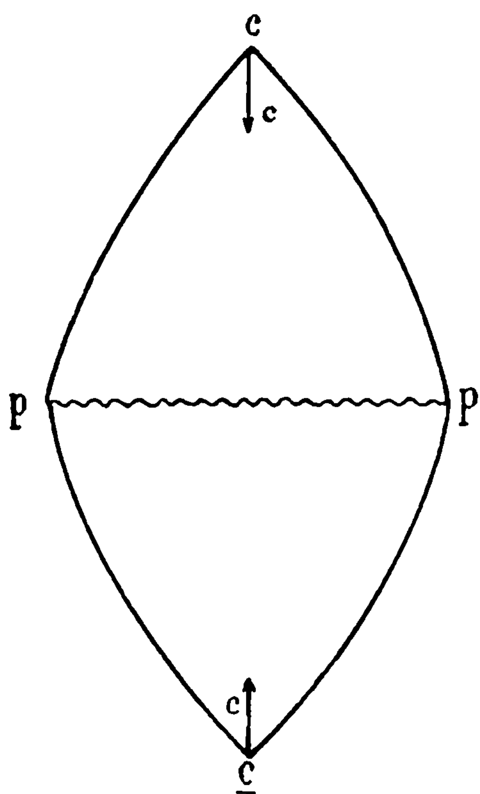


Рис. 10.

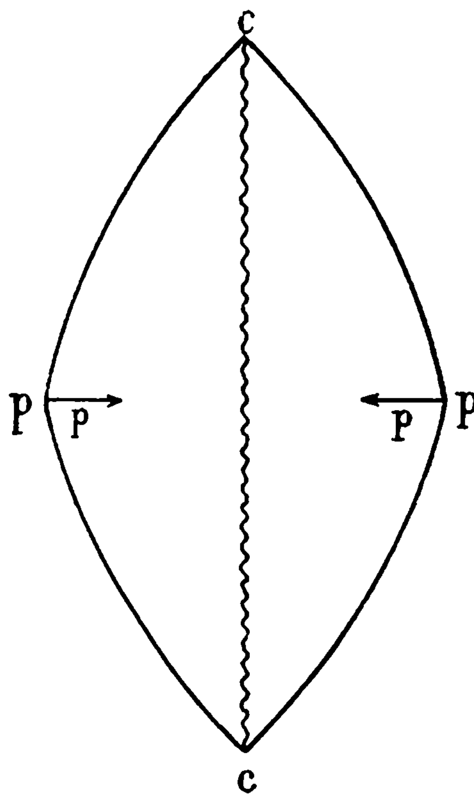


Рис. 11.

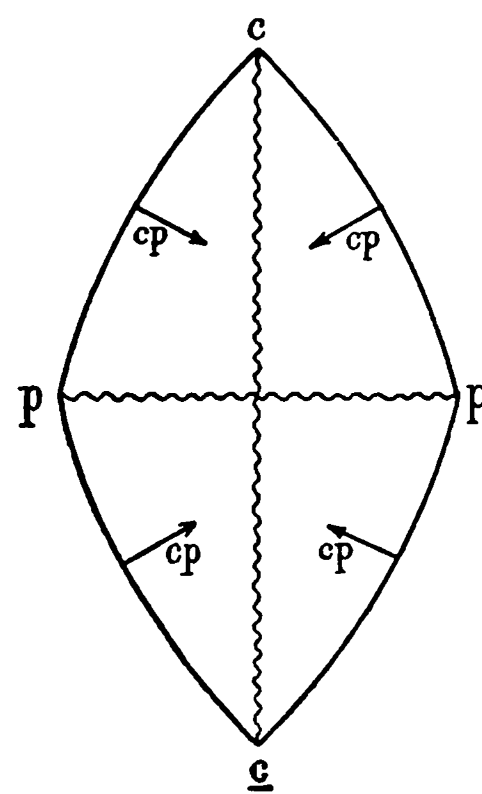


Рис. 12.

потоки, стекающие с вершинок **c** и **p**, и поток, стекающий с ребра **cp**.

На неискаженной грани потоки **c** вызывают образование горизонтальной пограничной линии (рис. 10), поток **p** — вертикальной линии (рис. 11), а поток **cp** делит грань на четыре поля (рис. 12).

Потоку **c** и его пограничной линии соответствует кажущийся пирамидальный куб (**pc**); потоку **p** — кажущийся тригонтриоктаэдр (**pl**), а потоку **pc** — кажущийся гексоктаэдр (**pq**). Из этих трех случаев первый наиболее важен для алмаза.

Который из этих трех потоков приобретет преимущественное значение или исключит деятельность остальных потоков (т. е. один только оставит следы своей деятельности) — зависит от условий в материнском расплаве, а также и от формы кристалла.

Опыт показал, что в начале разъедания особенно сильно действует поток **c** и образует бугорки травления (как иллюстрируют наши рисунки) с горизонтальной пограничной линией (стадия I). Когда при продолжающемся растворении образуются гребни **cp**, то возрастает значение потока **cp**

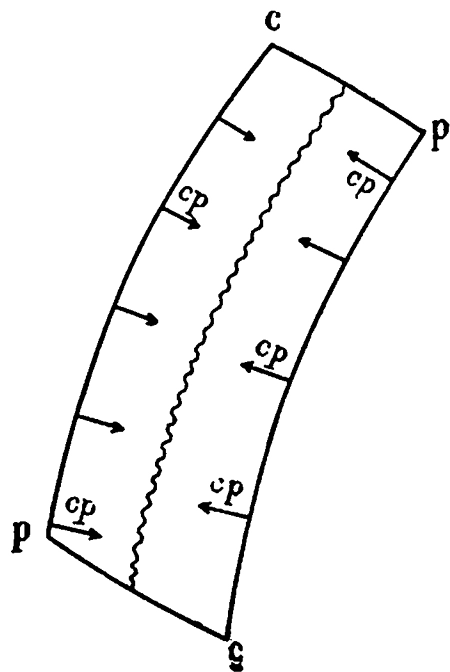


Рис. 13.

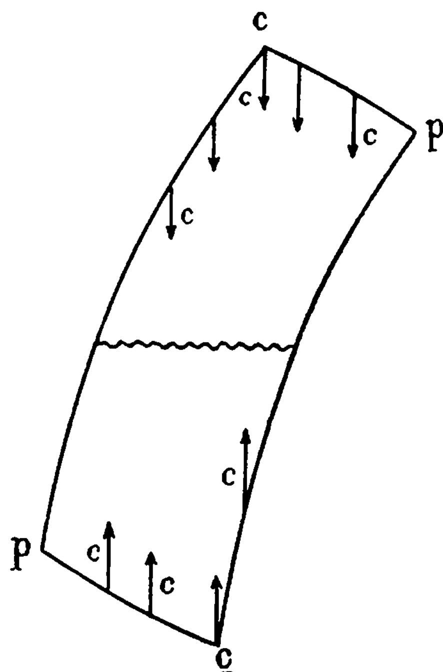


Рис. 14.

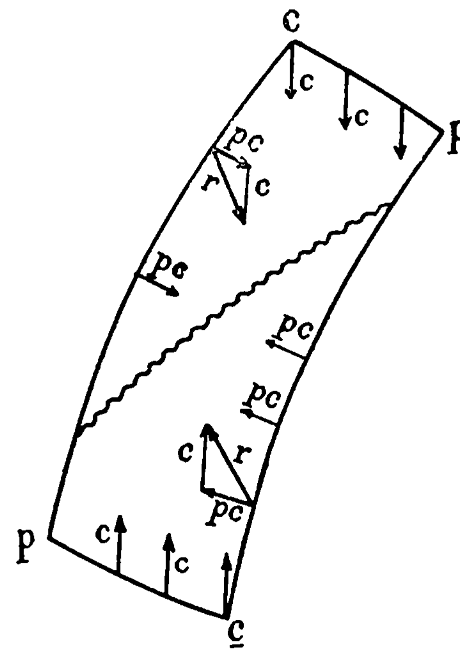


Рис. 15.

и он может стать главным (стадия II). В стадии I всегда наблюдается горизонтальная пограничная линия, даже если грань искажена и вытянута (рис. 14). В стадии II дело может обстоять иначе.

Такой случай мы видим в крист. **94** и **95**. Здесь шесть граней **d** вытянуты по одному из ребер **cp**. Грани гладкие, бугорки травления смыты, и от них остались только следы. Грань пересекается в к о с ь пограничной линией. Она видна на фиг. 205 и 207 табл. 30, а на рис. 15 она изображена схематически. Попытаемся истолковать это явление.

Мы должны допустить, что сила потока **cp** возросла в той стадии, когда ребра кристалла стали острыми; сила потока **c** соответственно уменьшилась, и оба потока стали действовать совместно.

Предположим теперь, что сила потока, стекающего **c** ребра, увеличивается с удлинением ребра, в таком случае мы можем отбросить (для вытянутой грани) действие потока

ср (текущего по короткому ребру) и считаться только с потоком длинного ребра.

Если бы действовали одни только потоки **ср**, стекающие по длинным ребрам, то образовалась бы пограничная линия, параллельная этим ребрам (рис. 13). Однако поскольку сверху и снизу добавляется действие потока **с**, то **с** и **ср** дают равнодействующую **r** (рис. 15), направленную вкось, и пограничную линию, перпендикулярную к **r**.

Таким образом, направление пограничной линии изменяется в зависимости от степени искажения и, кроме того, от относительной интенсивности потоков **с** и **ср**. Последняя зависит в свою очередь от условий в маточном расплаве и от формы кристалла в каждый данный момент. В результате всех этих возможностей получается то большое разнообразие явлений, которое мы наблюдаем в природе на округлых и по-разному искаженных кристаллах алмаза.

Когда два потока сталкиваются под углом, то образуется общий поток с промежуточным направлением. Пока не закончится слияние, каждый из них действует самостоятельно, или попеременно, на форму бугорков травления. Последние получают соответствующее направление и заостряются, вероятно, боковыми потоками (ср. табл. 10, фиг. 72).

Пример. На схематическом рисунке (табл. 3, фиг. 25) показано, как поток **с**, стекающий с полюса, действует на холмики травления, чтобы их вершинки были направлены против него. В то же время с ребра **ср** притекает с двух сторон поток **ср**, и вершинки поворачиваются в его сторону.

В дальнейшем все три потока, а вместе с ними и бугорки травления, принимают одно общее направление **сс**. Это взаимодействие определяет одновременно и форму и криволинейные контуры ложной грани **d**, что также показано на фиг. 25.

В некоторых случаях перед слиянием двух потоков между ними остается выступающий участок, который переходит в ребро, называемое нами п о г р а н и ч н о й л и н и е й.[1]

[1] О пограничных линиях см. стр. 76.

Пример. У алмаза на полюс устремляются четыре потока **c**, стекающих в сторону **d**. Они образуют краевые линии в направлении **cp**. Эти линии могут быть в то же время гребнями разъедания потоков **cp**.

В других случаях пограничные линии образуются без промежуточных выступающих участков.

Потоки растворения на алмазе

Среди потоков растворения алмаза (как указывалось уже неоднократно) особенно выделяется один — поток **c**; подчиненными являются зональный поток [**cp**] и поток **p**; зональный поток [**pd**] лишь слегка намечается.

Поток **c** направлен перпендикулярно к граням **c** и стекает через **d**. В большинстве случаев он образует вершинку в **c** и пограничную линию в **d**. В результате образуется округлый додекаэдр с пограничной линией в направлении короткой диагонали граней **d**.

В более редких случаях этот поток высверливает ямки травления в **c**, которые образуют в совокупности ложную грань **c**. Нередко в этих ямках наблюдаются октаэдрические новообразования (табл. 15, фиг. 101).

Если ямки высверливания сливаются и образованная ими впадинка углубляется, то получаются кубические ямки высверливания, причем они могут углубиться так сильно, что кристалл распадется на отдельные части (ср. табл. 23, фиг. 159).

Вследствие стока потоков **c** через две соседние грани **d** на границе обоих потоков образуется краевая линия. По своему направлению она отвечает округлому ребру додекаэдра. В картине световых рефлексов образований растворения ей соответствует зональная область (**cp**).

Ребро (краевая линия) является одновременно направлением зонального потока [**cp**]. Только после образования этого ребра поток [**cp**] может стать созидающим. Этот

поток стекает по обе стороны указанного ребра, делая его более острым.

В тетраэдрических образованиях (табл. 25, фиг. 168, 169) поток **[cp]** появляется только в направлении от **c** к одному из тетраэдров. В особых условиях этого случая образуются своеобразные формы, которые мы рассмотрим на примере крист. **75** и **76.**

Существование потока **p** можно допустить уже на основании присутствия потока **[cp]**. Он вызывает образование ямок травления на **p** (табл. 36, фиг. 246) или заостряет вершинку **p**. В последнем случае это приводит к тому, что гребни и пограничные линии сходятся в одной точке — вершинке **p** (табл. 21, фиг. 143 и 145).

Кроме этих потоков, вероятно еще существование зонального потока **[pd]**, судя по явлениям на крист. **71** и по резкости пограничной линии, особенно на кристаллах из Юго-западной Африки.

Потоки растворения на двойниках алмаза. В двойниках разъедающие потоки для каждого из сдвойникованных индивидов такие же, как и на отдельных кристаллах. Однако потоки обоих индивидов взаимно влияют друг на друга, особенно на границе срастания. Наиболее интересны и поучительны явления в кубических двойниках (крист. **118, 119**). Они детально рассмотрены при описании этих кристаллов.

Наблюдается взаимное отклонение потоков, которое проявляется в закономерном искривлении соответствующих полос рефлексов (крист. **118**: табл. 35, фиг. 241). Кроме того, можно наблюдать возникновение образований роста в тех местах, где вероятно столкновение двух встречных потоков. Согласно нашему истолкованию, растворяющий поток при задержке становится сначала нейтральным, а затем превращается в поток роста.

ИСТОРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В этой части мы дадим прежде всего обзор литературы, подразделив ее на следующие отделы.

I. Кристаллография алмаза.

II. Борт и карбонадо.

III. Клифтонит.

IV. Сжигание. Окисление. Переход в другие модификации углерода.

V. Химические свойства.

VI. Искусственное получение алмаза.

VII. Взгляды на образование в природе.

VIII. Сводные работы.

IX. Дополнение.

Список литературы по кристаллографии алмаза мы старались сделать по возможности исчерпывающим [9]. В остальных отделах мы поместили те работы, которые имеют отношение к нашему исследованию. Сводные работы, помещенные в предпоследнем отделе, не содержат по большей части описаний оригинальных исследований.

В приведенном длинном списке работ только труды Бурнона [10] (Bournon, I, 1815) и Розе—Задебека (Rose—Sadebek, I, 1876) являются монографическими. Много интересных и содержательных данных находится в трудах Ромэ Делиля (Romé de l'Isle, I, 1783) и Гаюи (Haüy, I, 1801). Порядок расположения материала — хронологический.

Кроме списка литературы, мы приводим некоторые исторические даты, касающиеся отдельных вопросов, осо-

бенно важных для кристаллографии алмаза, а именно:

системы форм алмаза;
округлых граней алмаза;
гемиэдрии и двойникования алмаза.

ЛИТЕРАТУРА

I. Кристаллография алмаза

C. Plinius Secundus. Historiae naturalis. Lib. 37. Cap. 4. De adamantis generibus. 77 г. н. э. Первое издание: Venetiis, 1469. Комментарии и перевод см.: Romé de l'Isle, I, 1783, 2, 189—212; Rose—Sadebeck, I, 1876, 87; Boutan, I, 1886, 5.

G. Agricola. De natura fossilium. Lib. X. Basiliae, 1546, 620.

C. Encelius. De re metallica. Lib. III. Francofurti, 1557.

A. Boetius de Boot. Gemmarum et lapidum historia. Hanoviae, 1609, 219.

I. Kepler. C. Dornavius, Amphitheatrum sapientiae socraticae jocoseriae... Hanoviae, 1619, 756. (Перепечатка работы Кеплера: Strena seu Nive sexangula. Francofurti ad Moenum, 1611).

J. de Laet. De gemmis et lapidibus. Lib. 1. De gemmis pellucidis et semipellucidis. Cap. I. De Adamante. Lugduni—Batavorum, 1647, 3.

N. Steno. De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Florentiae, 1669.

R. Boyle. Specimen de gemmarum origine et virtutibus. Hamburg, 1673, 11—12.

M. A. Cappeler. Prodromus crystallographiae de crystallis improprie sic dictis commentarium. Lucerne, 1723, 26—29.

C. Linnaeus. Specimen academicum de crystallorum generatione... Upsaliae, 1747.

A. F. Cronstedt. An essay towards a system of mineralogy. Transl. by G. von Engestrom. London, 1770, 48.

G. A. Scopoli. Principia mineralogae systematicae et practicae. Pragae, 1772, 45.

U. F. B. Brückmann. Abhandlung von Edelsteinen. 2. Aufl., Braunschweig, 1773, 64—65.

Gud et Dickmann. [Thèse suédoise sur les diamants]. Aboe, 1775. (Цит. по Romé de l'Isle, I, 1783).

C. Linné. Vollständiges Natursystem des Mineralreichs nach der 12-ten latein. Ausg. Übersetzt von J. F. Gmelin, Nürnberg, 1778, **2,** 280—281.

J. G. Wallerius. Systema mineralogicum quo corpora mineralia in classes, ordines, genera et species suis cum varietatibus divisa describuntur. 2 ed., Vindobonae, 1778, **1,** 242.

Démeste. Lettres au Dr Bernard sur la chymie, la docimasie, la cristallographie, la lithologie, la minéralogie et la physique en général. Paris, 1779, **1,** 404.

Romé de l'Isle. Cristallographie ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral. Paris, 1783, **2,** 189—212.

Romé de l'Isle. Des caractères extérieurs des minéraux... avec un aperçu des différents systèmes lithologiques qui ont paru depuis Bromel jusqu'à présent. Paris, 1784, 17—18.

D'Andrada. Les diamants du Brésil. Rozier Obs. s. la phys., 1792, **40,** 325—328.

J. C. Delamétherie. Sur une nouvelle forme de cristallisation du diamant. Rozier Obs. s. la phys., 1792, **40,** 219—224.

D. Gallitzin. Traité ou description abrégée et méthodique des minéraux. Maestricht, 1792, 118—119.

R. J. Haüy. Traité de minéralogie. Paris, 1801, **3,** 287—306.

F. A. Reuss. Lehrbuch der Mineralogie. Leipzig, 1803, Th. 2, **3,** 198—200; **4,** 40, 328, 713.

F. Mohs. Des H. v. d. Null Mineralien-Kabinet... nach einem, durchaus auf äussere Kennzeichen gegründeten Systeme geordnet, beschrieben... Wien, 1805, **1,** 3—16.

R. J. Haüy. Lehrbuch der Mineralogie. (Übersetzt v. G. Karsten u. Chr. Weiss). Paris u. Leipzig, 1806, **3,** 351—376. Содержит важные дополнения и примечания Вейсса.

Bernhardi. Versuch einer Anordnung der Mineralien nach ihren wesentlichen Bestandtheilen... Gehlen Journ. f. Chemie u. Phys., 1810, **9,** 1—103.

J. L. de Bournon. Catalogue raisonné des diamants dans le cabinet de Sir A. Hume. Londres, 1815.

J. L. de Bournon. Catalogue de la collection minéralogique particulière du roi. Paris, 1817, 149—156.

R. J. Haüy. Traité des caractères physiques des pierres précieuses pour servir à leur détermination lorsqu'elles ont été taillées. Paris, 1817, 59—62, 236.

M. Cohen. Beschreibendes Verzeichnis einer Sammlung von Diamanten... Wien, 1822.

R. J. Haüy. Traité de minéralogie. 2-me éd., Paris, 1822, **4,** 419—440.

J. Mawe. A treatise on diamonds and precious stones, including their history, natural and commercial. 2d ed., London, 1823.
W. Phillips. An elementary introduction to mineralogy. 3d ed., London, 1823, 361.
W. Haidinger. On the regular composition of crystallized bodies. Edinb. journ. of sc., 1824, **1**, 52—62; 1825, **2**, 88—93; **3**, 59—69; 1827, **6**, 278—287.
F. Mohs. Grundriss der Mineralogie. Dresden, 1824, **2**, 350.
W. Haidinger. Ueber die regelmässige Zusammensetzung cristallisierter Körper. Isis von Oken, Jena, 1825, **1**, 640—649. (Извлеч. из Edinb. journ. of sc., 1824, **1**, Taf. 4).
F. Mohs. Treatise on mineralogy, or the natural history of the mineral kingdom. Transl. with consider. additions by W. Haidinger. Edinburgh, 1825, **2**, 307.
C. Hartmann. Handwörterbuch der Mineralogie und Geognosie. Leipzig, 1828, 114.
C. F. Naumann. Lehrbuch der Mineralogie. Berlin, 1828, 612—614.
J. B. Spix und C. F. Martius. Reise in Brazilien... München, 1828, **2**, 438—449.
C. F. Naumann. Lehrbuch der reinen und angewandten Kristallographie. Leipzig, 1830, **2**, 234.
J. Murray. A memoir on the diamond, including its economical and political history. London, 1831.
J. D. Dana. A system of mineralogy. New Haven, 1837, 331.
A. Lévy. Description d'une collection de minéraux formée par M. H. Heuland, et appartenant à M. C. H. Turner... Londres, 1837, **3**, 434—442.
J. S. Presl. Nerostopis čili Mineralogia. Praha, 1837, 91—93.
F. Mohs — F. Zippe. Leichtfassliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs. Wien, 1839, **2**, 344—347.
C. F. Naumann. Anfangsgründe der Kristallographie. Leipzig, 1841. 115—116.
A. Des Cloizeaux. Note sur une astérie du diamant. Compt. rend., 1845, **20**, 514—516; Ann. chimie et phys., 1846 (3), **14**, 301—306; Pogg. Ann. Phys., 1846, **69**, 447—452.
A. Dufrénoy. Traité de minéralogie. Paris, 1845, **2**, 73—79.
W. Haidinger. Handbuch der bestimmenden Mineralogie. Wien, 1845.
E. F. Glocker. Über brasilianische Diamanten. Journ. prakt. Chemie, 1846, **38**, 318—320.
M. Hörnes. Mittheilungen über die Mineraliensammlung der Frau J. Edlen v. Henickstein. N. Jahrb. Miner., 1846, 769—786.
D. F. Wiser. [Über zwei Diamantkristalle aus Brasilien]. N. Jahrb. Miner., 1846, 583.

A. Breithaupt. Vollständiges Handbuch der Mineralogie. Dresden u. Leipzig, 1847, **3**, 624—626.
J. F. L. Hausmann. Handbuch der Mineralogie. Göttingen, 1847, **2** (1), 4—8.
D. F. Wiser. [Diamant aus Brasilien]. N. Jahrb. Miner., 1851, 571—572.
W. H. Miller [W. Phillips]. An elementary introduction to mineralogy. New ed. by H. J. Brooke a. W. H. Miller, London, 1852, 111—113.
A. Kenngott. [Diamant als Einschluss im Diamant]. Sitzungsber. Ak. Wien, Math.-nat. Cl., 1853, **10**, 179—184.
G. Rose. [Über Diamantzwillinge]. Ber. üb. Verh. Ak. Berlin, 1853, 633—634.
A. Dufrénoy. Note sur un cristal de diamant du district de Bogagem au Brésil. Compt. rend., 1855, **40**, 3—5.
G. Rose. [Über Diamanten des k. Mineralogischen Museums]. Monatsber. Ak. Berlin, 1856, 652—653.
G. Rose. [Neue Diamanten des Berliner Mineralogischen Museums]. Zeitschr. Geol. Ges., 1857, **9**, 14—15.
Ch. U. Shepard. Treatise on mineralogy. 3d ed., New Haven, 1857, **3**, 238.
G. Delafosse. Nouveau cours de minéralogie. Paris, 1860, **2**, 157—173.
Pelouze et Fremy. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. Paris, 1860, **1** (1), 706—719.
J. W. E. Söchting. Die Einschlüsse von Mineralien in kristallisierten Mineralien nebst Betrachtungen über die Entstehung von Mineralien und Gebirgsarten. Freiburg, 1860, 44—46.
A. Weiss. Revision der vorhandenen Beobachtungen an kristallisierten Körpern. Sitzungsber. Ak. Wien, Math.-nat. Cl., 1860, **39**, 859—876.
A. Scacchi. Sulla poliedria delle facce dei cristalli. Mem. Ac. Torino, 1862 (2), **21**, 1—94. Перевод: C. Rammelsberg. Ueber die Polyedrie der Kristallflächen. Zeitschr. Geol. Ges., 1863, **15**, 19—96.
Sartorius von Waltershausen. Über eine eigenthümliche Kristallform des Diamants. Nachr. Univ. u. Ges. Wiss. Göttingen, 1863, 135—136.
H. R. Goeppert. Ueber Einschlüsse im Diamant. Nat. Verh. Holland. Maatschap. wetensch. Haarlem, 1864, **19**, 1—83.
H. Emanuel. Diamonds and precious stones; their history, value, and distinguishing characteristics... London, 1865, 49.
(Н. И. Кокшаров). N. Kokscharow. Materialien zur Mineralogie Russlands. SPb., 1866, **5**, 373—386; Материалы для минералогии России. СПб., 1870, **5**, 324—360.
J. J. Tschudi. Reisen durch Südamerika. Leipzig, 1866, **2**, 142—143.

Morren. Combustibilité du diamant, effets produits sur ce corps par les températures élevées. Compt. rend., 1870, **70**, 990—992.

П. В. Еремеев. [О двойниках алмаза из Бразилии]. Зап. Минер. общ., 1871а (2), **6**, 408—410 (протоколы).

П. В. Еремеев. [Кристалл алмаза из Бразилии]. Зап. Минер. общ., 1871б (2), **6**, 443—444 (протоколы).

Fr. v. Kobell. Die Mineraliensammlung des Bayerischen Staates. Abh. Math.-phys. Cl. Bayer. Ak., München, 1871, **11** (1), 221—222.

W. King. On the Kadapah and Karnúl formations in the Madras Presidency. Mem. Geol. surv. of India, 1872, **8**, 1—291.

G. Rose. Über das Verhalten des Diamants und Graphits bei der Erhitzung. Monatsber. Ak. Berlin, 1872, 516—540.

A. Makowsky. [Über die Diamanten des Kaplandes an der Weltausstellung in Wien]. Verh. naturf. Ver. Brünn, 1873, **12** (1), 16—19 (протоколы).

A. Schrauf. Optisch einaxiger Diamant. Tschermak's Miner. petr. Mitt., 1873, **3**, 289—293.

A. Des Cloizeaux. Manuel de minéralogie. Paris, 1874, **2**, 17—25.

G. Rose und A. Sadebeck. Das mineralogische Museum der Universität Berlin, 1874, 3.

G. v. Rath. [Zwei merkwürdige Diamantkristalle]. Verh. nat.-hist. Ver. preuss. Rheinl. Bonn, 1875, **32**, 57—58 (2-я пагинация).

G. Rose und A. Sadebeck. Über die Kristallisation des Diamanten. Abh. Ak. Berlin, 1876 (1877), 2. Abt., 85—148.

A. Sadebeck. Angewandte Kristallographie. (Ausbildung der Kristalle, Zwillingsbildung, Kristalltektonik). Berlin, 1876a.

A. Sadebeck. Über die Kristallisation des Diamanten. Monatsber. Ak. Berlin, 1876б, 578—587. (Извлечение из работы Rose—Sadebeck, I, 1876).

A. Des Cloizeaux. [Über Zwillingsbildung bei Humit und Diamant]. N. Jahrb. Miner., 1877, 499—504.

J. Hirschwald. Über Wachstum und Zwillingsbildung am Diamant. Zeitschr. Krist., 1877, **1**, 212—217.

P. Groth. Die Mineraliensammlung der K. W. Universität in Strassburg. Strassburg u. London, 1878, 4—8.

K. Martin. Notiz über Diamanten. Zeitschr. Geol. Ges., 1878, **30**, 521—526.

A. Sadebeck. Über geneigtflächige Hemiëdrie. Zeitschr. Geol. Ges., 1878, **30**, 567—614.

H. Baker. On a crystal of diamond. Journ. Chem. soc. London, 1880 **213**, 579—581.

E. Jannettaz. Sur les colorations du diamant dans la lumière polarisée. Bull. Soc. minér. France, 1880, **2**, 124—131.

J. A. Roorda-Smit. Les mines de diamants de l'Afrique australe. Arch. néerland. sc. nat., 1880, **15**, 60—74.

Ch. E. Weiss. Die Kristallisations-Gesetze seit Ch. S. Weiss, insbesondere die Lehre von den Hemiëdrien, erläutert am Diamant. N. Jahrb. Miner., 1880, **2**, 1—22.

E. H. v. Baumhauer. Sur la cristallisation du diamant. Arch. néerland. sc. nat., 1881, **16**, 91—96.

H. Behrens. Sur la cristallisation du diamant. Arch. néerland. sc. nat., 1881, **16**, 377—386.

E. Jannettaz, E. Fontenay, E. Vanderheym, A. Coutance. Diamant et pierres précieuses. Cristallographie, descriptions. Paris, 1881.

E. Cohen. Über die südafrikanische Diamantfeldern. 5-te Jahresber. Ver. Erdkunde Metz, 1882. Реф.: N. Jahrb. Miner., 1884, **1**, 318—320.

A. Purgold. Die Diamanten des k. Mineralogischen Museums zu Dresden. Kristallographisch untersucht. Sitzungsber. naturw. Ges. Isis. Dresden, 1882a, 3—12.

A. Purgold. Zwei abnorme Diamantkristalle. Zeitschr. Krist., 1882б, **6**, 595—598.

M. Chaper. Sur une pégmatite à diamant et à corindon de l'Indoustan. Bull. Soc. minér. France, 1884, **7**, 47—49.

G. F. Kunz. Five Brazilian diamonds. Science, 1884, **3**, 649—650.

H. Jacobs et N. Chatrian. Le diamant. Paris, 1884, 1—13.

E. Jannettaz. Note sur un diamant du Cap. Bull. Soc. minér. France, 1885, **8**, 42—43.

G. F. Kunz. Notes on a remarkable collection of rough diamonds. Proc. Amer. Ass. advanc. sc., 1885 (1886), **34**, 250—258.

Boutan. Le diamant. (Encyclop. chim. de Fremy). Paris, 1886, **2**, Complément, 2e partie.

V. Goldschmidt. Index der Kristallformen der Mineralien. Berlin, 1886, **1**, 499.

F. R. Mallet. Manual of geology of India. Calcutta, 1887, **4**, 8—9.

A. Liversidge. The minerals of New South Wales. London, 1888, 235—247.

A. Brezina. Cliftonit aus den Meteoreisen von Magura, Arvaer Comitat. Ann. nat.-hist. Hofmus. Wien, 1889, **4**, 102—106.

R. Brauns. Die optische Anomalien der Kristalle. Leipzig, 1891, 176—183.

Ch. Friedel. [Un cristal octaédrique du diamant creux]. Bull. Soc. minér. France, 1891, **14**, 7.

E. Hussak. Über cubischen Pyrop und mikroskopische Diamanten aus

diamantführenden Sanden Braziliens. Ann. nat.-hist. Hofmus. Wien, 1891, **6**, 113—115 (2-я пагинация).

G. F. Kunz. Ueber neuere nordamerikanische Edelstein-Vorkommen. Zeitschr. Krist., 1891, **19**, 478—480.

E. S. Dana. The system of mineralogy of J. D. Dana, 1837—1868. 6th ed., London, 1892, 3, 1033; Appendix, **1**, 1899, 22; Appendix, **2**, 1909, 34.

W. Luzi. Ueber künstliche Corrosionsfiguren am Diamanten. Ber. Chem. Ges., 1892, **25** (2), 2470—2472.

O. W. Huntington. Further observations upon the occurrence of diamonds in meteorites. Proc. Amer. ac., 1893—1894, **29**, 204—211.

H. Moissan. Sur la préparation du carbone sous une forte pression. Compt. rend., 1893a, **116**, 218—224.

H. Moissan. Étude de la météorite de Cañon Diablo. Compt. rend., 1893б, **116**, 288—290.

H. Moissan. Sur la présence du graphite, du carbonado et de diamants microscopiques dans la terre bleue du Cap. Compt. rend., 1893в, **116**, 292—295.

W. H. Hobbs. On a recent diamond find in Wisconsin and on the probable source of this and other Wisconsin diamonds. Amer. geologist, 1894, **14**, 31—35; Реф.: N. Jahrb. Miner., 1896, **2**, 249—251.

H. Moissan. Nouvelles expériences sur la reproduction du diamant. Compt. rend., 1894, **118**, 320—326.

G. W. Card. Mineralogical notes. A diamond having the form of the cube from South Africa. Rec. Geol. surv. N. S. Wales, Sydney, 1896, **5**, 7—8.

H. Moissan. Recherches sur les différentes variétés du carbone. (1, 2, 3 mém.). Ann. chimie et phys., 1896a (7), **8**, 289—347, 466—558.

H. Moissan. Sur quelques expériences nouvelles relatives à la préparation du diamant. Compt. rend., 1896б, **123**, 206—210.

П. В. Еремеев. [О некоторых алмазах из Трансильванских копей]. Изв. Акад. Наук, 1897а, **6**, XXV—XXVI (протоколы).

П. В. Еремеев. [О возможности нахождения алмазов в слюдяном сланце]. Изв. Акад. Наук, 1897б, **6**, VII—IX (протоколы).

V. Goldschmidt. Kristallographische Winkeltabellen. Berlin, 1897, 114—115.

H. Moissan. Le four électrique. Paris, 1897, 112—203.

G. Tschermak. Lehrbuch der Mineralogie. 5. Aufl., Wien, 1897, 333—335.

П. В. Еремеев. [Исследование над некоторыми экземплярами борта и карбоната из провинции Матто Гроссо и Багии в Бразилии]. Изв. Акад. Наук, 1898, **8**, XXX—XXXII (протоколы).

П. В. Еремеев. [Об алмазах из Капской области Трансвааля]. Зап. Минер. общ., 1899 (2), **36**, 34—36 (протоколы).

(Е. С. Федоров) E. Fedorow. Aus dem Gebiete des Hypothetischen. [Über die tetraedrische Hemiëdrie des Diamanten]. Zeitschr. Krist., 1899, **31**, 17—20.

F. Berwerth. Grosser Diamantkristall aus dem Capland. Tschermak's Miner. petr. Mitt., 1899, **19**, 340—341.

W. H. Hobbs. The diamond field of the Great Lakes. Journ. of geol., 1899, **7**, 375—388.

Е. С. Федоров. Курс кристаллографии. 3-е испр. изд., СПб., 1901, 287, 291, 306, 407, 416.

C. F. Naumann. Elemente der Mineralogie. 14. Aufl. v. F. Zirkel, Leipzig, 1901, 404—406.

F. G. Williams. The diamond mines of South Africa, some account of their rise and development. New York a. London, 1902, 482, 492—494, 517, 563—565, Appendix.

C. Hintze. Handbuch der Mineralogie. Leipzig, 1904, **1**, 1—43.

W. Crookes. Diamonds. Chem. news, 1905, **22**, 135—140, 147—150, 159—163.

F. H. Hatch and G. S. Corstorphine. A description of the big diamond recently found in the Premier Mine, Transvaal. Geol. magaz., 1905a, **2**, 170—172.

F. H. Hatch and G. S. Corstorphine. The Cullinan diamond. Trans. Geol. soc. S. Africa, 1905б, **8**, 26—27.

H. Moissan. Nouvelles recherches sur la reproduction du diamant. Ann. chimie et phys., 1905a (8), **5**, 174—208.

H. Moissan. Sur quelques expériences nouvelles relatives à la préparation du diamant. Compt. rend., 1905б, **140**, 277—284.

H. Moissan. Traité de chimie minérale. Paris, 1905в, **2** (1), 188—218.

* * * [Ausstellung eines Diamantkristallen (Triakisoktaeder)]. Centralbl. Miner., 1905, 287.

P. Groth. Chemische Kristallographie. Leipzig, 1906, **1**, 12—13.

E. Hussak. Über die Diamantlager im Westen des Staates Minas Geraes und der angrenzenden Staaten Sao Paulo und Goyaz, Brasilien. Zeitschr. prakt. Geol., 1906, **14**, 318—333.

G. A. Molengraaff. Der Cullinandiamant. Prospect d. Rhein. Mineraliencomptoir J. Krantz. 1906; The Cullinan diamond. Trans. Inst. min. engin. Newcastle, 1906, **29**, 507—509.

F. Becke. Bemerkungen über krumme Kristallflächen. Tschermak's Miner. petr. Mitt., 1907, **26**, 402—412.

F. Berwerth. Zonarer gebauter Kapdiamant aus der Wesseltongrube. Tschermak's Miner. petr. Mitt., 1907, **26**, 495—497.

G. F. Kunz and H. S. Washington. Note on the forms of Arkansas diamond. Amer. journ. of sc., 1907 (4), **24**, 275—276.

M. H. Bauer. Edelsteinkunde. Eine allgemein verständliche Darstellung der Eigenschaften, des Vorkommens und der Verwendung der Edelsteine, nebst einer Anleitung zur Bestimmung derselben. Leipzig, 1909, 181, 202 -203, 263—264, 276, 279.

W. Crookes. Diamonds. London a. New York, 1909, 86, 87, 127, 128.

E. Kaiser. Ueber Diamanten aus Deutsch Südwestafrika. Centralbl. Miner., 1909, 235—244.

II. Борт и карбонадо

Dumas. [L'impossibilité de tailler une pierre noire, qui est peut-être, du diamant]. Compt. rend., 1843, **16**, 246.

Rivot. Analyse d'un diamant en masse amorphe et compacte provenant du Brésil. Ann. d. mines, 1848 (4), **14**, 419—422; Compt. rend., 1849, **28**, 317—319.

A. Damour. Examen minéralogique et chimique d'un sable diamantifère de la province de Bahia. Institut, Paris, 1853, **21**, 77—79.

G. Rose. [Ein schwarzer Diamant]. Zeitschr. Geol. Ges., 1854, **6**, 255 (протоколы).

F. Tamnau. [Ein schwarzer Diamant]. Zeitschr. Geol. Ges., 1854, **6**, 250 (протоколы).

A. Damour. Nouvelles recherches sur les sables diamantifères. Bull. Soc. géol. France, 1855—1856 (2), **13**, 542—554.

A. Des Cloizeaux. Note sur le diamant noir. Ann. d. mines, 1855 (5), **8**, 304—306.

J. J. Nöggerath. [Amorpher schwarzer Diamant von La Chapada]. Verh. nat.-hist. Ver. preuss. Rheinl. Bonn, 1856, **13**, V—VI (протоколы). Реф.: N. Jahrb. Miner., 1857, 64.

A. Kenngott. [Über einen schwarzen Diamant]. Übers. d. Result. miner. Forsch. im Jahre 1859, Leipzig, 1860, 81.

C. E. Kluge. Handbuch der Edelsteinkunde. Leipzig, 1860, 254—256.

H. R. Göppert. Über Einschlüsse im Diamant. N. Jahrb. Miner., 1864, 198—201.

Douhet. [Diamant anthracitique]. Les Mondes, 1867, **13**, 581—582.

E. H. v. Baumhauer. Sur de diamant. Arch. néerland. sc. nat., 1873, **8**, 97—112.

A. Damour. См.: A. Des Cloizeaux, I, 1874, **2**, 23.

A. Daubrée. Rapport sur un mémoire de Stanislas Meunier, ayant pour titre „Composition et origine du sable diamantifère de Du Toit's Pan (Afrique australe)". Compt. rend., 1877a, **84**, 1124—1130.

A. Daubrée. Note sur les stries parallèles, que présente fréquemment, la surface de fragments de diamants, de la variété carbonado et sur leur imitation au moyen d'un frottement artificiel. Compt. rend., 1877б, **84**, 1277—1279.

H. Jacobs et N. Chatrian. Le diamant. Paris, 1884, 334—335.

H. Moissan. Analyse des cendres de diamant. Compt. rend., 1893, **116**, 458—460; Bull. Soc. chim. Paris, 1893 (3), **9**, 957—960.

Д. И. Менделеев. Основы химии. 6-е изд., СПб., 1895, 248—250.

H. Moissan. Sur un échantillon de carbon noir de Brésil. Compt. rend., 1895, **121**, 449—450.

H. Moissan. Étude du diamant noir. Compt. rend., 1896, **123**, 210—211.

* H. W. Furniss. Carbons in Brazil. Engin. a. miner. journ., 1898, **66**, 608.

G. F. Kunz. Precious stones. 19th Ann. rep. Geol. surv. 1897—1898, P. 6, Washington, 1898, 497—514.

G. F. Kuhz. Precious stones. 22d. Ann. rep. Geol. surv. 1901, P. 6, Washington, 1902, 816—822.

Кроме того, вышеуказанные работы: Glocker, I, 1846; Rose, I, 1853, 1857, 1872; Goeppert, I, 1864; Tschudi, I, 1866; Baumhauer, I, 1881; Behrens, I, 1881; Kunz, I, 1884, 1885; Boutan, I, 1886; Moissan, I, 1893в, 1897, 1905в; Еремеев, I, 1898, 1899; Hintze, I, 1904; Bauer, I, 1909; Crookes, I, 1909.

III. Клифтонит

W. Haidinger. Graphit pseudomorph nach Schwefelkies. Pogg. Ann. Phys., 1846, **67**, 437—439.

C. Reichenbach. Ueber die nähern Bestandtheile des Meteoreisens. 21. Graphit und Eisenglas. Pogg. Ann. Phys., 1862, **116**, 576—591.

G. Rose. Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten. Abh. Ak. Berlin, 1863 (1864), 22—161.

L. Fletcher. Cubic crystal of graphitic carbon. Nature, 1887a, **36**, 304—305.

L. Fletcher. On a meteoric iron found in 1884 in the sub-district of Youndegin, Western Australia, and containing cliftonite, a cubic form of graphitic carbon. Miner. magaz., 1887б, **7**, 121—130.

F. v. Sandberg. Ein neuer Meteorit aus Chile. N. Jahrb. Miner., 1889, **2**, 173—180.

E. Weinschenk. Ueber einige Bestandtheile des Meteoreisens von Magura, Arva, Ungarn. Ann. nat.-hist. Hofmus. Wien, 1889, **4**, 92—101.

E. Cohen und E. Weinschenk. Meteoreisen-Studien. Ann. nat.-hist. Hofmus. Wien, 1891, **6**, 131—165; 1900, **15**, 350—391.

O. W. Huntington. The Smithville meteoric iron. Proc. Amer. ac., 1893—1894, **29**, 251—260.
E. Cohen. Meteoritenkunde. H. 1. Untersuchungsmethoden und Charakteristik des Gemengtheile. Stuttgart, 1894, 138.
H. Laspeyres und E. Kaiser. Quarz- und Zirkonkristalle im Meteoreisen von Toluca in Mexico. Zeitschr. Krist., 1895, **24**, 485—493.
L. Fletcher. On the cliftonite and taenite of the meteoric iron found in 1884 in the sub-district of Youndegin, Western Australia. Miner. magaz., 1899, **12**, 171—174.
J. M. Davison. Internal structure of cliftonite. Amer. journ. of sc., 1902 (3), **13**, 467—468.
E. Cohen. Meteoritenkunde. H. 2. Structurformen, Versuche künstlicher Nachbildung vor Meteoriten. Rinde und schwarze Adern. . . Stuttgart, 1903, 238.
P. Groth. Tableau systématique des minéraux. . . Genève, 1904, 13.
Кроме того, вышеуказанные работы: Rose, I, 1872; Brezina, I, 1889.

IV. Сжигание. Окисление. Переход в другие модификации углерода

I. Newton. Opticks: or, a treatise on the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. . . London, 1704.
G. Averani e C. Targioni. Esperienze fatte con lo specchio ustorio di Firenze sopra le gemme e le pietre dure. Giorn. de letterati d'Italia, Venezia, 1711, **8**, 221—309.
* * * Versuche, welche mit einigen Edelsteinen sowohl im Feuer, als vermittelst eines Tschirnausischen Brennglases angestellt worden. Hamburg. Magaz., 1757, **18**, 164—172. Цит. по: Haüy. Traité de minéralogie, 1801, **3**, 297.
J. D'Arcet. Second mémoire sur l'action du feu égal, violent et continué pendant plusieurs jours. . . Paris, 1771a, 87—92.
J. D'Arcet. Mémoire sur le diamant et quelques pierres précieuses traitées au feu. Paris, 1771б, 105—170.
A. Lavoisier. Premier mémoire sur la destruction du diamant par le feu. Mém. Ac. Paris, 1772, **2**, 564—591. — Lavoisier, Oeuvres, Paris, 1862, **2**, 38—88.
D'Arcet et Rouelle. Sur la destruction du diamant dans les vaisseaux fermés. Rozier Obs. s. la phys., 1773, **1**, 17—34.
J. E. v. Bubna. Abhandlung über den Demant. Abh. Privatges. in Böhmen, Prag, 1784, **6**, 112—126.
P. J. Macquer. Chymisches Wörterbuch. Leipzig, 1789, **2**, 12—49. Маккер обсуждает опыты по сжиганию алмаза Бубны, Бергмана, Морво, Геера, Соссюра, Гергарда.

P. J. Macquer. [Expériences sur la destruction des diamants par l'action du feu, faites le 26 juillet 1771 en présence de MM. D'Arcet et Rouelle]. В кн.: Macquer. Dictionnaire de chymie. Paris, 1789, **1**, 504—507.

S. Tennant. On the nature of the diamond. Phil. trans., 1797, 123—127.

L. B. Guyton de Morveau. Extrait du procès-verbal des expériences faites à l'école polytechnique dans les années V [1797] et VI [1798] sur la combustion du diamant. Ann. de chimie, 1799a (1), **31**, 72—112. Реф.: Gilbert Ann. Phys., 1799, **2**, 387—400, 466—479. * Scherers Allgem. Journ. f. Chemie, 1799, **3**, 670—710.

L. B. Guyton de Morveau. De la conversion du fer doux en acier fondu par le diamant. Ann. de chimie, 1799б (1), **31**, 328—336.

L. B. Guyton de Morveau. Observations sur le passage du diamant noir à l'état de charbon, ou d'oxide noir de carbone. Ann. de chimie, 1800 (1), **32**, 62—66.

Allen and Pepys. On the quantity of carbon in carbonic acid and on the nature of the diamond. Phil. trans., 1807, **2**, 267—292.

H. Davy. An account on some new analytical researches on the nature of certain bodies particularly the alkalies, phosphorus, sulphur, carbonaceous matter, and the acids hitherto undecompounded... Phil. trans., 1809, **1**, 39—104.

L. B. Guyton de Morveau. Des nouvelles recherches sur la combustion du diamant et autres substances charbonneuses en vaisseaux clos. Ann. de chimie, 1812 (1), **84**, 20—33, 233—265.

H. Davy. Some experiments on the combustion of the diamond and other carbonaceous substances. Phil. trans., 1814, **2**, 557—570.

E. D. Clarke. Beschreibung des Newman'schen chemischen Gebläses mit stark verdichteten Knallgas und der Versuche, welche mit demselben angestellt hat. Gilbert Ann. Phys., 1817, **55**, 1—39. (Замечания Жильберта там же, стр. 53—55).

J. Murray. The diamond. Tilloch Phil. magaz. a. journ., 1821, **58**, 386.

B. Silliman. Fusion of charcoal by the deflagrator, with proofs of a current between the poles. Amer. journ. sc., 1822, **5**, 108—112. (Детальный реф.: Tilloch Phil. magaz. a. journ., 1823, **62**, 124—130).

B. Silliman. On the fusion of charcoal, graphite, anthracite and the diamond. Ann. of phil., 1823, **6**, 311—316, 468—471.

C. M. Marx. Ueber die besonderen Gestalten des Kohlenstoffs. Schweigger Journ. Chemie u. Phys., 1826, **47**, 321—330.

J. Dumas et Stas. Sur le véritable poids atomique du carbone. Ann. chimie et phys., 1841 (3), **1**, 1—59.

O. L. Erdmann und R. F. Marchand. Ueber das Atomgewicht des Kohlenstoffes. Journ. prakt. Chemie, 1841, **23**, 159—189.

A. Petzholdt. Über die bei der Verbrennung des Diamants zurückbleibende Asche. Journ. prakt. Chemie, 1841, **23**, 475—479.

A. Petzholdt. Beiträge zur Naturgeschichte des Diamantes. Dresden u. Leipzig, 1842.

Jacquelain. De l'action calorifique de la pile de Bunsen, du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène, sur le carbone pur, artificiel et naturel. Compt. rend., 1847, **24**, 1050—1052; Ann. chimie et phys., 1847 (3), **20**, 459—472.

C. Despretz. 4^{me} note sur la fusion et la volatilisation des corps. Compt. rend., 1849, **29**, 709—724. См.: Despretz, VI, 1849.

C. Despretz. Quelques nouvelles expériences sur le charbon. Compt. rend., 1850, **30**, 367—373. См.: Despretz, VI, 1849.

J. P. Gassiot. On a peculiar form produced in a diamond when under the influence of the voltaic arc. Rep. Brit. ass. advanc. sc., 1850, **2**, 53—54. Реф.: A. Kenngott, Übers. Result. miner. Forsch. im Jahre 1852. Wien, 1854, 74.

C. Despretz. Addition à la précedente note. [Observations sur le charbon]. Compt. rend., 1853, **37**, 369—372, 443—450. См.: Despretz, VI, 1853.

Halphen. Sur un diamant particulier à couleur variable. Compt. rend., 1866, **62**, 1036.

R. v. Schrötter. Verhalten des Diamantes bei höheren Temperatur. Sitzungsber. Ak. Wien, Math.-nat. Cl., 1871, **63** (2), 462—470.

E. H. v. Baumhauer. Sur le diamant. Arch. néerland. sc. nat., 1873, **8**, 97—112.

H. E. Roscoe. Sur l'équivalent du carbone, déterminé par la combustion du diamant. Compt. rend., 1882, **94**, 1180; Ann. chimie et phys., 1882 (5), **26**, 136—141.

C. Friedel. Expériences de combustion du diamant. Bull. Soc. chim. Paris, 1884 (2), **41**, 100—104.

W. Luzi. Neue Mittheilungen über Kohlenstoff. Ber. Chem. Ges., 1892, **25**, 214—217.

C. Doelter. Edelsteinkunde. Bestimmung und Unterscheidung der Edelsteine und Schmucksteine. Die künstliche Darstellung der Edelsteine. Leipzig, 1893, 60.

J. Joly. The thermal expansion of diamond. Nature, 1893—1894, **49**, 480—481.

H. Moissan. Sur quelques propriétés nouvelles du diamant. Compt. rend., 1893a, **116**, 460—463.

H. Moissan. Action de l'arc électrique sur le diamant, le bore amorphe et le silicium cristallisé. Compt. rend., 1893б, **117**, 423—425; Bull. Soc. chim. Paris, 1894 (3), **11**, 993—995.

W. Crookes. On the effect of molecular bombardement on the diamond. Chem. news, 1896, **74**, 39.

J. Joly. On the volume change of rocks and minerals attending fusion. Trans. Roy. soc. Dublin, 1897 (2), **6**, 283—304.

H. Moissan. Sur la transformation du diamant en graphite dans le tube de Crookes. Compt. rend., 1897, **124**, 653—655.

A. Ludwig. Die directe Umwandlung der Kohle in Diamant. Chem. Zeitung, 1901, **25**, 979—980.

Berthelot. Sur la transformation du diamant en carbone noir (charbon) pendant son oxydation... Compt. rend., 1902, **135**, 1018—1020; Ann. chimie et phys., 1903 (7), **29**, 101—108.

A. Ludwig. Die Schmelzung der Kohle. Zeitschr. Elektrochemie, 1902, **8**, 273—281.

H. Moissan. Sur la température d'inflammation et sur la combustion dans l'oxygène des trois variétés de carbone. Compt. rend., 1902, **135**, 921—928; Bull. Soc. chim. Paris, 1903 (3), **29**, 101—108.

W. Crookes. On the action of radium emanations on diamond. Proc. Roy. soc. London, 1904, **74**, 47—49; Nature, 1904, **70**, 209—210; Chem. news, 1904, **90**, 1—2.

A. L. du Toit. The diamondiferous and allied pipes and fissures. Rep. Geol. comm. Cape Town, 1906 (1907), 135—176.

Ch. A. Parsons and A. A. Swinton. The conversion of diamond into coke in high vacuum by cathode rays. Proc. Roy. soc. London, 1908 (A), **80**, 184—185.

A. A. Swinton. A further note on the conversion of diamond into coke in high vacuum by cathode rays. Proc. Roy. soc. London, 1909 (A), **82**, 176. (Замечания к предыдущей работе).

R. Vogel und G. Tamann. Über die Umwandlung von Diamant in Graphit. Zeitschr. phys. Chemie, 1909, **69**, 598—602.

Кроме того, вышеуказанные работы: Boetius de Boot, I, 1609; Boyle, I, 1673; Morren, I, 1870; Rose, I, 1872; Jacobs et Chatrian, I, 1884; Luzi, I, 1892; Moissan, I, 1905б.

V. Химические свойства

Данные о химическом поведении алмаза под действием разных реагентов рассеяны в литературе. Много важных указаний можно найти в уже приведенных работах Муассана, а также в различных работах, помещенных в разделах IV и VI. Дополнительно можно указать следующие труды:

R. E. Rogers and W. B. Rogers. Oxydation of the diamond in the liquid way. Amer. journ. of sc., 1848 (2), **6**, 110—111.

B e r t h e l o t. Recherches sur les états du carbone. Ann. chimie et phys., 1870 (4), **19**, 392—427.

A. D i t t e. Des propriétés de l'acide iodique. Compt. rend., 1870, **70**, 621—625.

A. K r a u s e. Notiz über den Diamant. Ber. Chem. Ges., 1890, **23** (2), 2409—2412.

H. M o i s s a n. Action du fluor sur les différentes variétés du carbone. Compt. rend., 1890, **110**, 276—279.

B e r t h e l o t. Sur l'emploi du tube chaud et froid dans l'étude des réactions chimiques. Compt. rend., 1905, **140**, 905—914.

M. C. S c h u y t e n. Die kochenden Säuren beim Reinigen von Diamantsteinen beseitigt mittels einer neuen technischen Methode [$KHSO_4$]. Chem. Centralbl., 1905, **1**, 411. Ориг. в: Handelingen van het achtste Vlaams Nat.- en geneeskundig Congress te Antwerpen, 25 Sept. 1904.

(И. И. О с т р о м ы с л е н с к и й). O s t r o m y s s l e n s k y. Über ein organisches Lösungsmittel einiger Kohlenstoffarten. Journ. prakt. Chemie, 1907, **76**, 268—273. (Нерастворимость в $C_{36}H_{18}$).

VI. Искусственное получение алмаза

Приводится список литературы по этому вопросу, который имеет не только исторический интерес. Каждый, даже неудачный, эксперимент обогащает наш опыт и выявляет новые свойства алмаза.

B. S i l l i m a n. Fusion of charcoal, graphite, diamond, anthracite etc., with the deflagrator and the compound blowpipe. Amer. journ. of sc., 1823, **6**, 341—535. Р е ф.: Ann. chimie et phys., 1823 (2), **24**, 216—223; Schweigger Journ. Chemie u. Phys., 1823, **39**, 87—107; Tilloch Phil. magaz. a. journ., 1823, **62**, 131—135.

J. N. G a n n a l. Sur l'action du phosphore mis en contact avec le carbure de soufre pour en séparer le carbone pur ou le diamant. Journ. chimie médic., 1828, **4**, 582—584. Р е ф.: Pogg. Ann. Phys., 1828, **14**, 387—390; 1829, **15**, 311.

T h é n a r d. [Communications des recherches faites aves MM. Dumas et Cagniard de Latour sur les cristaux transparents, semblables au diamant]. Journ. chimie médic., 1829, **5**, 38, 39—40. Р е ф.: Pogg. Ann. Phys., 1828, **14**, 535—537.

C. D e s p r e t z. Fusion et volatilisation des corps réfractaires. Note sur quelques expériences faites avec le triple concours de la pile voltaïque, du soleil et du chalumeau. Compt. rend., 1849, **28**, 755—757, **29**, 48—51, 545—548, 709—724; 1850, **30**, 367—373.

C. D e s p r e t z. Observations sur le charbon et sur la différence de la

température des pôles lumineux d'induction. Compt. rend., 1853, **37**, 369—372, 443—450. Краткий реф.: Institut, Paris, 1853, 303.

A. Favre. Recherches sur les minéraux artificiels. Arch. sc. phys. et nat. Genève, 1856, **31**, 136—150; Bull. Soc. géol. France, 1855—1856 (2), **13**, 312—316.

H. Sainte-Claire Deville. Du silicium et du charbon cristallisés. Méthode générale pour la production de quelques corps simples fixés au moyen de leur combinaisons volatiles... Compt. rend., 1856, **42**, 49—52.

E. B. de Chancourtois. Sur la production naturelle et artificielle du diamant. Compt. rend., 1866, **63**, 22—25.

Lionnet. Sur la production naturelle et artificielle du carbone cristallisé. Compt. rend., 1866, **63**, 213—214; Journ. prakt. Chemie, 1866, **99**, 62—63.

D. Rossi. Remarques relatives à une communication récente de M. de Chancourtois sur la production naturelle et artificielle du diamant. Compt. rend., 1866, **63**, 408—409.

C. W. C. Fuchs. Die künstlich dargestellten Mineralien nach G. Rose's kristallo-chemischen Mineralsysteme geordnet. Nat. Verh. Holland. Maatschap. wetensch. Haarlem, 1872, 27—29. (Сводка литературы).

J. B. Hannay. On the artificial formation of the diamond. Proc. Roy. soc. London, 1880, **30**, 188—189, 450—461; Monit. sc., 1903 (4), 17 (2), 788—792.

N. Story-Maskelyne. [Renseignements au sujet des cristaux qui avaient été obtenues par M. Mactear]. Compt. rend., 1880, **90**, 249. (Возражения Мактеру).

R. S. Marsden. On the preparation of adamantine carbon, or diamond. Proc. Roy. soc. Edinburgh, 1882a, **11**, 20—27.

R. S. Marsden. On the state of carbon in iron and steel, a new hypothesis of the hardening of steel. Proc. Roy. soc. Edinburgh, 1882б, **11**, 368—370.

L. Bourgeois. Reproduction artificielle des minéraux. (Encyclop. chim. de Fremy). Paris, 1884, **2**, Appendix 1, 17.

F. Osmond. Sur les transformations qui accompagnent la carburation du fer par le diamant. Compt. rend., 1891, **112**, 578—580.

J. Morris. New method of producing gems artificially. Chem. news, 1892, **66**, 71, 309—310.

Ch. A. Parsons. Experiments on carbon at high temperatures and under great pressures and in contact with other substances. Phil. magaz., 1892 (5), **36**, 304—308.

К. Д. Хрущов. [Об искусственном получении алмаза]. Журн. Русск. Физ.-хим. общ., 1893, **25**, 3, 105 (протоколы).

Berthelot. [Observations relatives à une communication de H. Moissan]. Compt. rend., 1893, **116,** 226.
C. Friedel. Sur la reproduction du diamant. Compt. rend., 1893, **116,** 224—226.
G. Rousseau. Sur les condensations cycliques du carbone. Compt. rend., 1893, **117,** 164—167.
J. Werth. Considérations sur la genèse du diamant. Compt. rend., 1893, **116,** 323—326.
L. Franck. Die Diamanten des Stahls. Stahl u. Eisen, 1896, **15,** 585—588.
W. Borchers. Beiträge zur Kenntnis der für die Kristallisation des Kohlenstoffes günstigen Bedingungen. Zeitschr. f. Elektrochemie, 1896—1897, **3,** 393—398.
H. Moissan. Recherches sur les différentes variétés du carbone. 3. Reproduction du diamant. Ann. chimie et phys., 1896 (7), **8,** 466—558.
A. Rossel. Les diamants de l'acier. Compt. rend., 1896, **123,** 113—115.
L. Franck. Ueber Cyanstickstofftitan in einem Hochofenproducte. Chem. Zeitung, 1897, **21,** 520.
Qu. Majorana. Sulla riproduzione del diamante. Rend. Acc. Lincei, 1897 (2), **6,** 141—147. Реф.: N. Jahrb. Miner., 1898, **2,** 189.
I. Friedländer. Herstellung von Diamanten in Silikaten, entsprechend dem natürlichen Vorkommen im Kaplande. Verh. Ver. Beförder. Gewerbefl., 1898, **77,** 45—50 (3-я пагинация).
G. Friedel. À propos d'une note de H. Moissan sur la reproduction artificielle du diamant. Monit. sc., 1901 (4), **15** (1), 236—237.
R. v. Hasslinger. Ueber die Herstellung künstlicher Diamanten aus Silikatschmelzen. Monatshefte f. Chemie, 1902, **23,** 817—822; Sitzungsber. Ak. Wien, Math.-nat. Cl., 1902, **111,** (IIb), 619—624.
H. Hoyermann. Ueber künstliche Diamanten. Chem. Zeitung, 1902, **26,** 481—483.
A. Ludwig. Bildungsweise des Diamanten. Chem. Zeitung, 1902, **26,** 677—680.
П. Н. Чирвинский. Искусственное получение минералов в XIX столетии. Киев, 1903—1906, 43, 44, 274, 370, 418, 443—446, 470, 480, 504. (Сводка литературы).
Ch. Combes. Sur les tentatives de reproduction du diamant. Monit. sc., 1903 (4), **17** (2), 785—787.
R. v. Hasslinger und J. Wolf. Über die Entstehung von Diamanten aus Silikatschmelzen. Monatshefte f. Chemie, 1903, **24,** 633—647; Sitzungsber. Ak. Wien, Math.-nat. Cl., 1903, **112,** (IIb), 507—521.
C. V. Burton. Artificial diamonds. Nature, 1905, **72,** 397.
Ch. Combes. Sur la prétendue reproduction artificielle du diamant. Monit. sc., 1905 (4), **19** (2), 492—497.

W. Crookes. A new formation of diamond. Proc. Roy. soc. London, 1905 (A), **76**, 458—461.

H. Moissan. Sur l'augmentation de volume de la fonte liquide saturée de carbone au four électrique au moment de la solidification. Compt. rend., 1905, **140**, 185—192.

Ch. M. van Deventer. Über den Erstarrungsdruck bei Moissan's Diamantdarstellungen. Chem. weekblad, 1906, **4**, 211—214. Реф.: Chem. Centralbl., 1907, **1**, 1773.

M. Houdard. Sur la solubilité du carbone dans le protosulfure de manganèse. Compt. rend., 1906, **143**, 1230—1233.

A. Koenig. Betrachtungen über das Diamantproblem. Zeitschr. Elektrochemie, 1906, **12**, 441—444.

G. F. Kunz. The diamond and moissanite — natural, meteoric and artificial. Trans. Amer. electrochem. soc., 1907, **12**, 39—63. (Сводка литературы).

C. A. Parsons. Some notes on carbon at high temperatures and pressures. Proc. Roy. soc. London, 1907 (A), **79**, 532—535.

R. Threlfal. Apparatus for experiments at high temperatures and pressure, and its application to the study of carbon. Journ. Chem. soc. London, 1908, **93—94**, 1333—1356.

Кроме того, вышеуказанные работы: Moissan, I, 1893a, 1894, 1896б, 1897, 1905a, 1905б, 1905в; Crookes, I, 1905; Doelter, IV, 1893; Ludwig, V, 1901, 1902.

VII. Взгляды на образование в природе

Jameson. Speculations in regard to the formation of opal woodstone and diamond. Mem. Wernerian nat.-hist. soc. Edinburgh, 1823, **4**, (II), 556—561. (Растительное происхождение).

D. Brewster. On the existence of two new fluids in the cavities of minerals, which are immiscible and possess remarkable physical properties. Trans. Roy. soc. Edinburgh, 1826a, **10**, 1—41. Подробный реф.: Pogg. Ann. Phys., 1826, **7**, 469—489. (Образование наподобие янтаря, из растительного царства).

D. Brewster. On the refractive power of the two new fluids in minerals... Trans. Roy. soc. Edinburgh, 1826б, **10**, 407—427; Edinb. journ. of. sc., 1826б, **5**, 122—136. (Образование, как в предыдущей работе).

E. W. B. Origin of the diamond. Phil. magaz., 1827, **1**, 147—149; *Frorieps Notizen, 1827, **16**, 338—340. (Возражения Брюстеру).

D. Brewster. Observations relative to the structure and origin of the diamond. Trans. Geol. soc. London, 1835 (2), **3**, 455—459. Реф.:

Phil. magaz., 1835 (3), **7**, 245—250; Pogg. Ann. Phys., 1835, **36**, 564. (Образование, как у Брюстера: Brewster, VII, 1826a).

K. C. Leonhard. Entstehung von Kristallen und versuchte künstliche Diamant-Bildung. N. Jahrb. Miner., 1835, 195—201. Реферат на кн.: Sommerville. On the connexion of the physical science. London, 1834, 307—308. (Образование, как у Брюстера: Brewster, VII, 1826a).

K. C. Leonhard. Geologie oder Naturgeschichte der Erde... Stuttgart, 1840, **3**. (Шмуцтитул: Populäre Vorlesungen über Geologie).

J. Liebig. Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig, 1840, 285. (Конечный продукт длительного разрушения).

[F. Wöhler]. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie, hrsg. v. J. Liebig, J. C. Poggendorff u. Fr. Wöhler. Braunschweig, 1842, **2**, 578. (Невозможность образования при высокой температуре).

F. Wöhler. Bemerkungen über den Diamant. Ann. Chemie u. Pharm., 1842, **41**, 346—347. (Органическое происхождение).

G. Wilson. Note on the crystallization of carbon, and the possible derivation of the diamond from anthracite and graphite. Proc. Roy. soc. Edinburgh, 1850, **2**, 301—302; Edinb. new phil. journ., 1850, **48**, 337—344.

D. Brewster. Observations on the diamond. Rep. of the 22d meet. of the Brit. ass. advanc. sc. held at Belfast in Sept. 1852. London, 1853, 41—42 (2-я пагинация). (Образование, как у Брюстера: Brewster, VII, 1826a).

H. R. Goeppert. Ueber eine zellenartige Bildung in einem Diamanten. Pogg. Ann. Phys., 1854, **92**, 623—625. (Органическое происхождение).

R. Th. Simmler. Ueber das Problem der Diamantbildung. Pogg. Ann. Phys., 1858, **105**, 466—478. (Из жидкого CO_2).

G. Bischof. Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. Bonn, 1863, **1**, 658—662. (Мокрым путем).

H. R. Goeppert. Die Diamanten und ihre Entstehung. Jahresber. Schles. Ges. vaterl. Cultur, Breslau, 1863 (1864), **41**, 53—55. (Растительное происхождение).

D. Brewster. On the pressure cavities in topaz, beryl and diamond and their bearing on geological theories. Trans. Roy. soc. Edinburgh, 1864, **23**, 39—44. (Образование, как у Брюстера: Brewster, VII, 1826a).

H. R. Goeppert. Über Einschlüsse im Diamant. N. Jahrb. Miner., 1864, 198—201. (Мокрым путем).

H. R. Goeppert. Über algenartige Einschlüsse in Diamanten und über

Bildung derselben. Abh. Schles. Ges. vaterl. Cultur. Breslau, 1868 (1869), 61—67.

E. Cohen. [Geologische Mittheilungen über das Vorkommen von Diamant in Südafrika]. N. Jahrb. Miner., 1872, 857—861. (Магматическое образование в вулканических воронках).

E. Cohen. Über einen Eklogit, welcher als Einschluss in den Diamantgruben von Jagersfontein, Orange Freistaat, Süd-Afrika. N. Jahrb. Miner., 1879, 864—869.

F. Fouqué et M. Lévy. Synthèse des minéraux et des roches. Paris, 1882, 197—198. (Образование при низкой температуре).

M. Chaper. De la présence du diamant dans une pégmatite de l'Indoustan. Compt. rend., 1884, **98**, 113—115; Bull. Soc. minér. France, 1884, **7**, 47—49.

H. Gorceix. Nouveau mémoire sur le gisement du diamant à Grão Mogol, province de Minas Gerães (Brésil). Compt. rend., 1884a, **98**, 1010—1011. (В кварцевых жилах).

H. Gorceix. Sur les minéraux qui accompagnent le diamant dans le nouveau gisement de Salobro, province de Bahia (Brésil). Compt. rend., 1884б, **98**, 1446—1448. (В кварцевых жилах).

M. Chaper. Sur une pégmatite diamantifère de l'Indoustan. Bull. Soc. géol. France, 1885—1886 (3), **14**, 330—345.

(М. В. Ерофеев и П. А. Лачинов) Jeroffeieff et Latchinoff. Météorite diamantifère tombé le 10/22 septembre 1886, en Russie, à Nowo-Urei, gouvernement de Penza. (Présentée par A. Daubrée). Compt. rend., 1888, **106**, 1679—1681.

B. Foote. Notes on the Wajra Karur diamonds. Rec. Geol. surv. India, 1889, **22** (1), 39—48. (Возражения Шапе).

A. Knop. Beitrag zur Kenntniss der in Diamantfeldern von Jagersfontein (Südafrika) vorkommenden Mineralien und Gesteine. Ber. Versamml. Oberrheinl. geol. Ver., 1889, 11—25. Реф.: N. Jahrb. Miner., 1890, **2**, 97—99. (Разложение углекислоты Fe).

A. Daubrée. Analogie de gisement du diamant d'une part, dans les gîtes de l'Afrique australe, d'autre part dans les météorites. Compt. rend., 1890a, **110**, 18—24.

A. Daubrée. Expériences sur les actions mécaniques exercées sur les roches par des gaz, doués d'une très forte pression et d'un mouvement rapide. Compt. rend., 1890б, **111**, 766—774. (Ср. предыдущую работу).

A. Daubrée. Recherches expérimentales sur le rôle possible des gaz à hautes temperatures doués de très forte pressions et animés d'un mouvement fort rapide, dans divers phénomènes géologiques. Bull. Soc. géol. France, 1890—1891 (3), **19**, 313—354.

A. M e y d e n b a u e r. Meteoric origin of the diamond. Chem. news, 1890, **61**, 209. * Ориг. в: Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt.

A. W. S t e l z n e r. Die Diamantgruben von Kimberley. Sitzungsber. nat.-hist. Ges. Isis Dresden, 1893 (Abh.), 71—85. (Магматическое выделение).

J. W e r t h. Considérations sur la genèse du diamant. Compt. rend., 1893, **116**, 323—326. (Теоретические рассуждения общего порядка).

H. C. L e w i s. Papers and notes on the genesis and matrix of the diamond. London, 1897. (Образование в обломках углистого сланца).

O. A. D e r b y. Brazilian evidence on the genesis of the diamond. Journ. of geol., 1898, **6**, 121—146.

T. G. B o n n e y. The parent-rock of the diamond in South Africa. Proc. Roy. soc. London, 1899 (1900), **65**, 223—236. (Алмаз из обломков эклогита; Южная Африка).

A. W. S t e l z n e r — A. B e r g e a t. Die Erzlagerstätten. Bearb. v. A. Bergeat. Leipzig, 1904, **1**, 72—84. (Магматическое выделение).

G. F. W i l l i a m s. The genesis of the diamond. Trans. Amer. Inst. min. engin., 1905, **35**, 440—455.

T. W. E. D a v i d. An occurrence of diamonds in matrix at Oakey Creek, near Inverell, New South Wales. Rep. Brit. ass. advanc. sc. London, 1906 (1907), 562—563. (Кристаллы алмаза в диабазе).

J. S. F l e t t. The Somabula diamond field. Geol. magaz., 1906 (5), **3**, 569—570.

F. P. M e n n e l l. The Somabula diamond field of Rhodesia. Geol. magaz., 1906 (5), **3**, 459—462. (Парагенезис на образование в пегматитах. См. также предыдущую работу).

F. W. V o i t. Über das Vorkommen von Kimberlit in Gängen und Vulkan-Embryonen. Zeitschr. prakt. Geol., 1906, **14**, 382—384; 1907, **15**, 216—219.

R. B e c k. Untersuchungen über einige südafrikanische Diamantlagerstätten. Zeitschr. Geol. Ges., 1907, **59**, 275—307. (Магматическое происхождение в Южной Африке).

T. G. B o n n e y. On the supposed kimberlite magma and eclogite concretions. Trans. Geol. soc. S. Africa, 1907 (1908), **10**, 95—100.

G. S. C o r s t o r p h i n e. The occurence in kimberlite of garnet-pyroxene nodules, carrying diamonds. Trans. Geol. soc. S. Africa, 1907 (1908), **10**, 65—68.

T. W. E. D a v i d. The origin and occurrence of the diamond. Min. journ., 1907, **82**, 244.

L. D e - L a u n e y. Sur la rencontre du granite dans la cheminée diamantifère de Beers. Compt. rend., 1907, **145**, 1188—1189.

H. Merensky. The origin of river diamonds within the area of the Vaal. Trans. Geol. soc. S. Af ica, 1907 (1908), **10**, 107—111.

F. W. Voit. Kimberlite dykes and pipes. Trans. Geol. soc. S. Africa, 1907a (1908), **10**, 69—74.

F. W. Voit. The origin of diamonds. Trans. Geol. soc. S. Africa, 1907б (1908), **10**, 75—80.

F. W. Voit. Further remarks on the kimberlite rock and the origin of diamonds. Trans. Geol. soc. S. Africa, 1907в (1908), **10**, 101—106.

J. Thoulet. Sur la présence supposée de diamants microscopiques dans un fond marin et d'un échantillon de terre végétale. Compt. rend., 1908, **146**, 351—352; Ann. d. mines, 1908 (10), **13**, 236—259.

F. W. Voit. Über die Südafrikanischen Diamantlagerstätten. Zeitschr. prakt. Geol., 1908, **16**, 18—23; Monatsber. Geol. Ges., 1908, 94—107. („Углерод принадлежит самой магме и выделился при охлаждении").

P. A. Wagner. Die diamantführenden Gesteine Südafrikas, ihre Abbau und ihre Aufbereitung. Berlin, 1909, 127—132.

E. H. L. Schwarz. Causal geology. London, 1910, 192—198.

Кроме того, уже указанные работы: Boyle, I, 1673 — образование из мягкой массы; Spix u. Martius, I, 1828 — плутоническое образование в трещинах; Ludwig, VI, 1902 — вулканическое происхождение; Roorda-Smit, I, 1880 — как Кохен (Cohen, VII, 1872); Goeppert, I, 1864 — органическое происхождение; Petzholdt, IV, 1842 — то же; Friedel, IV, 1884 — образование при низкой температуре; Doelter, IV, 1893 — общие соображения; Favre, VI, 1856 — разложением в парах CCl_4; Lionnet, VI, 1866 — разложением CS_2 металлами; Chancourtois, VI, 1866 — из эманации углекислоты; Rossi, VI, 1866 — то же.

Вопросы природного образования алмаза затронуты также и в большей части указанных работ Муассана и в работах об алмазах в метеоритах. В работах петрографического и геологического характера также имеются данные по этим вопросам. Мы ограничились здесь сводкой наиболее важных исследований, не затронув прочей литературы, касающейся попутно вопросов генезиса.

VIII. Сводные работы

D. Jeffries. Traité des diamants et des perles. Paris, 1753. (Пер. с англ.).

J. R. Blum. Taschenbuch der Edelsteinkunde. Stuttgart, 1832, 100—152.

Ch. Barbot. Guide pratique de joaillier ou traité complet des pierres précieuses, leur étude chimique et minéralogique. Paris, 1858.

C. W. King. Natural history of ancient and modern precious stones and gems and of the precious metals. London, 1865, 19—48, 410, 414—416, 417—420.

H. Emanuel. Diamonds and other precious stones, their history, value, and distinguishing characteristics... 2d ed., London, 1867.

A. Schrauf. Handbuch der Edelsteinkunde. Wien, 1869, 96.

J. Ogier. Carbone. Diamant. (Encyclop. chim. de Fremy), Paris, 1883, **2**, 2e sect., 2e fasc., 4—20.

S. M. Burnham. Precious stones in nature, art and literature, Boston, 1886.

P. Groth. Grundriss der Edelsteinkunde... Leipzig, 1887, 67—90.

G. F. Kunz. Gems and precious stones of North America. New York, 1890, 13—38, 311—317.

G. F. Kunz. The production of precious stones. Ann. Rep. Geol. surv. Miner. resources of the United States, Washington, 1890—1905.

E. Fuchs und L. De Launey. Traité des gîtes minéraux et métallifères. Paris, 1893, **1**, 1—36.

М. И. Пыляев. Драгоценные камни, их свойства, месторождения и употребление. СПб., 1897, 79—192.

A. De Launey. Les diamants du Cap. Paris, 1897, 215—223.

E. W. Streeter. Precious stones and gems, their history and distinguishing characteristics... 6th ed., London, 1899.

O. Dammer. Handbuch der anorganischen Chemie. Stuttgart, 1903, **4**, 349—351.

Fr. Küspert. Ueber den Diamant. Natur u. Schule, 1904, **3**, 239—248, 292—299.

W. Rau. Edelsteinkunde... Leipzig, 1907. (Переработка труда Блюма),

Gmelin — Kraut. Handbuch der anorganischen Chemie. 7. Aufl., Heidelberg, 1911, **1** (3), 472—538.

Кроме того, вышеуказанные работы: Mawe, I, 1823; Кокшаров, I, 1866; Jannettaz, Fontenay, Vanderheym, Coutance, I, 1881; Jacobs et Chatrian, I, 1884; Boutan, I, 1886; Dana, I, 1892, 1899, 1909; Hintze, I, 1904; Crookes, I, 1905, 1909; Moissan, I, 1905в; Bauer, I, 1909; Kluge, II, 1860; Petzholdt, IV, 1842; Doelter, IV, 1893.

IX. Дополнение

A. van Leeuwenhoek. Microscopical observations upon the configuration of diamonds. Phil. trans., 1710, **26**, 479—484.

A. van Leeuwenhoek. De particulis et structura adamantum. Phil. trans., 1722 (1724), **32**, 199—206.

Phipson. Sur la présence du diamant dans les sables métallifères de Freemantle (Australie ouest). Compt. rend., 1867, **64**, 87—88.

W. L. T. Addison. On atom forms as deduced from the crystalline modifications of the elements. Chem. news, 1898, **77**, 251—254.

W. J. Sollas. On the intimate structure of crystals. Proc. Roy. soc. London, 1901, **67**, 493—495.
A. L. Van der Veen. Over het kristalstelsef van diamant. Verslag van de gew. vergader. d. wiss.- en nat. afd. Ak. wetensch. Amsterdam, 1908, **16**, 142.
A. L. Van der Veen. Physisch- en kristallografisch onderzoek naar de symmetrie van diamant. Leiden, 1911.

К истории вопроса о системе форм алмаза

Уже самые первые кристаллографические работы по алмазу содержали множество интересных сведений о его формах и большое число изображений алмаза, частью схематических, частью передающих все детали наблюдения. Так, например, в „Кристаллографии“ Ромэ Делиля (Romé de I'sle, I, 1783) имеется 12, а в монографии Бурнона (Bournon, I, 1815) 128 рисунков.

Гаюи (Haüy, I, 1801) указывает только одну форму с символами, а именно октаэдр, помимо различных округлых образований (сфероидальных). Он говорит по этому поводу следующее (стр. 290):

Все эти модификации представляют собою, повидимому, проявления тенденции к кристаллизации в правильной форме с 48 плоскими гранями, которая, если она существует, не наблюдалась еще до сих пор.

И в настоящее время еще не доказано существование типичного сорокавосьмигранника для алмаза.

В „Минералогии“ (Haüy, I, 1822) Гаюи указывает в качестве типичных форм додекаэдр, куб и ${}^2B^2$, т. е. форму $\mathbf{v} = \frac{1}{3}1(133)$. Он ничего не говорит о строении граней. Однако по рисункам его видно, что грани всех трех форм неровные или криволинейные. Плоскогранных кристаллов данных форм такой величины (относительной), какая показана на изображениях Гаюи, насколько нам известно, не существует в природе.

Бурнон (Bournon, I, 1815) указывает 20 модификаций — это наши простые формы. Но среди них достоверно плоскогранными и типичными являются только октаэдр и куб, может быть также и додекаэдр.

Леви (Lévy, I, 1837) дает 16 рисунков с изображением семи форм. Округлые грани также показаны на них плоскими.

В очень важной монографии Розе—Задебека (Rose—Sadebeck, I, 1876) на основании литературных данных и собственных наблюдений приводится большее число форм с символами. Однако в качестве типичной и плоскогранной они указывают, кроме $\mathbf{p}=1$ (111), только еще форму $\mathbf{q}=\frac{1}{2}$(112). $\mathbf{l}=\frac{1}{5}$ (115), которую они считают плоскогранной, можно, вероятно, отнести к граням **p** в двойниковом положении. На стр. 92 они говорят следующее: „...грани куба всегда друзовидны, додекаэдры с плоскими и гладкими гранями отсутствуют". Грани $\mathbf{u}=\frac{1}{2}1$ (122) узкие и измерены в ямках роста, однако они считают их вицинальными и недостоверными. $\mathbf{m}=\frac{1}{3}$(113) наблюдалась только в ямках травления.

Таким образом, до этого времени типичными и достоверными признавались только

$$\mathbf{c}=0;\ \mathbf{d}=01;\ \mathbf{p}=1;\ \mathbf{q}=\frac{1}{2};\ \text{возможно}\ \mathbf{u}=\frac{1}{2}1.$$

Все остальные формы считались округлыми.

У позднейших авторов число форм с символами увеличивается до 29. Однако почти все символы принадлежат нетипичным формам. Ряд авторов стремились описать положение и наклон округлых граней и указать, к каким плоскогранным формам стремятся округлые (согласно пониманию наблюдателя). Это частью средние, частью крайние величины наклонов, но не типичные формы. На стр. 120—123 дана сводка всех опубликованных форм.

На нашей п р о е к ц и и (табл. 1, фиг. 1) все формы нанесены в соответствии с указанными символами. Это точечное

изображение, но оно только передает все отдельные точки из полос, получаемых в картине световых рефлексов, для округлых граней. Последнее ясно видно при сравнении с обобщающей картиной световых рефлексов (табл. 1, фиг. 2), которая в целях сравнения изображена на накладном листе прозрачной бумаги (фиг. 1 на накладном листе к табл. 1), чтобы его можно было наложить на точечный рисунок (табл. 1, фиг. 1).

Наши исследования, проводившиеся на очень богатом материале, позволили увеличить число достоверных типичных форм до восьми (ср. стр. 49). Они объединены в гномонической проекции на фиг. 3 табл. 2. Все эти формы, за исключением октаэдра, так же как плоские грани куба и додекаэдра, представляют собою большую редкость.

Формы, указанные в литературе

1) **c** $=0$ (001). Ромэ Делиль (Romé de l'Isle, I, 1783, 202) упоминает о кубе, который, по его словам, указан у Валлериуса (Wallerius, Miner., 1772, 33) и в английском переводе „Минералогии" Кронштедта (Cronstedt, I, 1770, 48). Однако Делиль сомневается (совершенно неосновательно) в правильности этих указаний. Вейсс в своем переводе „Минералогии" Гаюи (Haüy, I, 1806, **3**, 358, подстрочное примечание) указывает куб как наблюдавшуюся форму. Затем куб с плоскими гранями был описан Бурноном (Bournon, I, 1815). Иногда, хотя и редко, он встречается прекрасно образованным, с плоскими и блестящими гранями, например наш крист. **12**.

2) **a** $=0\frac{1}{3}$ (013). Наблюдалась Розе—Задебеком (Rose—Sadebeck, I, 1876) в комбинации с кубом. Точные измерения отсутствуют.

3) **g** $=0\frac{2}{5}$ (025). Указана Еремеевым (I, 1871б) для одного бразильского кристалла. Округлая. Не типична.

4) **e** $=0\frac{1}{2}$ (012). Указана Розе—Задебеком (Rose—Sadebeck, I, 1876) в комбинации с кубом, без точных данных измерения. Не типична.

5) **b** $=0\frac{2}{3}$ (023). Указана Леви (Lévy, I, 1837) и Миллером (Miller, I, 1852), выведена Розе—Задебеком (Rose—Sadebeck, I, 1876) на основании зон, однако недостоверна.

6) **i** $=0\frac{3}{4}$ (034). Впервые указана Леви (Lévy, I, 1837) как **b** $\frac{3}{4}$. В понимании Скакки (Scacchi, I, 1862) она является конечной формой, к которой стремятся округлые грани. Приводится также у Розе—Задебека в качестве символа округлых форм. Не типична.

7) ×× $=0\frac{7}{9}$ (079). Указана Бернгарди (Bernhardi, I, 1810) в качестве характерной формы. Не наблюдалась с плоскими гранями. Не типична.

8) $\delta=0\frac{4}{5}$ (045). Приводится Э. Кайзером (Kaiser, I, 1909) для округлых граней кристаллов из Юго-западной Африки. Не типична.

9) **A** $=0\frac{10}{11}$ $(0\cdot10\cdot11)$. Приводится у Розе—Задебека (Rose—Sadebeck, I, 1876) на основании приближенных измерений. Округлая, переходит в додекаэдр. Не достоверна.

10) **d** $=01$ (011). Додекаэдр указывался уже в XVIII в. Бурнон (Bournon, I, 1815) описывает его как форму с исштрихованными ложными гранями. По Розе—Задебеку, додекаэдр всегда исштрихованный и частично округлый, он никогда не имеет плоских и гладких граней. Нам удалось наблюдать эту форму плоскогранной, хотя и узкой.

11) **l** $=\frac{1}{5}$ (115). Указана Розе—Задебеком (Rose—Sadebeck, I, 1876, 93) в качестве плоскогранной формы. Представлена, по всей вероятности, октаэдрическими гранями из пластинок, в двойниковом положении, которые должны иметь именно

такую ориентировку. Подобное истолкование подтвердилось при исследовании оригинального кристалла из коллекции университета в Киле, который был любезно предоставлен нам проф. А. Ионсеном.

12) $\mathbf{m}=\frac{1}{3}(113)$. Наблюдалась и была измерена Розе (Rose, I, 1872) в искусственных ямках травления на грани октаэдра, в виде тонкой штриховки. Не является типичной формой.

13) $\mathbf{q}=\frac{1}{2}(112)$. Выведена Розе—Задебеком (Rose—Sadebeck, I, 1876) на основании соотношения зон. Измерения отсутствуют. Достоверность этой формы доказана нашими исследованиями.

14) $\mathbf{n}=\frac{2}{3}(223)$. Достоверно установлена нами на крист. **16.**

15) $\mathbf{p}=1(111)$. Уже Бойль (Boyle, I, 1673) указал важность этой формы для алмаза.

16) $\times=\frac{2}{7}1(277)$. Эта форма была принята Еремеевым (I, 1899) для кристаллов из Южной Африки на основании измерений под микроскопом. Сильно округлая. Не является типичной.

17) $\mathbf{v}=\frac{1}{3}1(133)$. Эта форма приводится у Гаюи (Haüy, I, 1822) как $\mathbf{n}={}^2B^2$; Делафосс (Delafosse, I, 1860) обозначает ее как $\mathbf{a}\frac{1}{3}$; но у обоих она не достоверна. По рисунку Гаюи она отвечает большим граням, определяющим облик кристалла. Однако мы можем предположить, что Гаюи имел дело с округлыми образованиями и что символы его лишь приближенные. Нам удалось достоверно установить эту форму на нашем крист. **50.**

18) $\mathbf{:}=\frac{2}{5}1(255)$. Указана Еремеевым (I, 1899) для кристаллов из Южной Африки. Измерения под микроскопом не точны вследствие сильной округлости. Не типична.

19) $\mathbf{u}=\frac{1}{2}1(122)$. Была указана Леви (Lévy, I, 1837) как

a $\frac{1}{2}$ и измерена Розе—Задебеком (Sadeback, I, 1876б) в ямках роста. Однако они считали ее вицинальной. Пургольд (Purgold, I, 1882б) отнес ее к округлым граням. Установлена нами достоверно на семи кристаллах.

20) $\mathbf{w}=\frac{2}{3}\ 1$ (233). Была установлена предположительно Еремеевым (I, 1871б) на бразильских кристаллах и достоверно нами на крист. **50**.

21) $\mathbf{x}=\frac{1}{3}\ \frac{2}{3}$ (123). Приводится многими авторами в качестве формы, замещающей округлые грани. Не типична.

22) $\omega=\frac{1}{4}\ \frac{3}{4}$ (134). Указывалась Розе—Задебеком (Rose—Sadebeck, I, 1876) как часть округлой поверхности. Не типична.

23) $\Sigma=\frac{1}{5}\ \frac{4}{5}$ (145). Приводится у Розе—Задебека (Rose—Sadebeck, I, 1876) и относится ими к округлым формам. Не типична.

24) $\Phi=\frac{1}{6}\ \frac{5}{6}$ (156). Указана у Розе—Задебека (Rose—Sadebeck, I, 1876) и у Кайзера (Kaiser, I, 1909), всегда округлая. Не типична.

25) $\mathbf{y}=\frac{1}{2}\ \frac{3}{4}$ (234). Указана у Скакки (Scacchi, I, 1862), округлая. Не типична.

26) $\mathbf{z}=\frac{1}{5}\ \frac{3}{5}$ (135). По Еремееву (I, 1897б). Тонкая штриховка на округлых гранях. Не типична.

27) $\Xi=\frac{1}{7}\ \frac{3}{7}$ (137). Указана в 1898 г. Еремеевым. Сильно округлая. Не типична.

28) $\Theta=\frac{1}{9}\ \frac{7}{9}$ (179). Указана в 1896 г. Еремеевым. Округлая. Не типична.

29) $\vdots=\frac{1}{64}\ \frac{63}{64}$ (1 · 63 · 64). Указана Еремеевым (I, 1899), тонкая округлая штриховка. Не является типичной формой.

К истории вопроса об округлых гранях алмаза

Кривогранные алмазы и причины их образования неоднократно обсуждались в литературе. Однако найденные до сих пор объяснения нельзя считать вполне удовлетворительными.

Некоторые замечания об особенностях внешнего облика алмазов мы находим в двух работах Левенгука (Leeuwenhoek, IX, 1710, 1722). Насколько нам известно, Левенгук первым пытался изобразить в иллюстрациях сложную скульптуру граней. Природа этой скульптуры осталась для него загадочной.

Против распространенного в то время взгляда, согласно которому алмазы округляются вследствие истирания, выступил Ромэ Делиль. Он пишет (Romé de l'Isle, I, 1783, **2**, 197):

Такая криволинейная и почти шаровидная форма алмаза отнюдь не является результатом трения или окатывания, которые он мог бы испытать в ложах рек и водопадов, как утверждают некоторые авторы. Напротив — это непосредственный продукт кристаллизации.

Он цитирует Валлерия (Wallerius, Miner., 1772), который писал:

Если в таком алмазе углы истерты, как обычно принято говорить, то, быть может, стоит исследовать, какими камнями это сделано.

Ромэ Делиль сравнивает далее округлый алмаз с шарообразными пиритами радиального строения и пишет:

Такой алмаз следует рассматривать как очень тесное скрытое соединение нескольких более мелких кристаллов, имеющих один общий центр.

Против этого высказывания выступил Гаюи (Haüy, I, 1801, **3**, 292):

Между тем сфероидальные алмазы имеют ту же структуру и делятся по спайности так же отчетливо, как и те, которые кристаллизуются в виде правильных октаэдров. Добавочные части вещества, нарастающего на ядро, подчинены законам убывания. Вместо того чтобы накладываться беспорядочно, они варьируют от слоя к слою, следуя одной кривой линии.

В общем я не утверждаю, что только что упомянутые кривые являются чем-то постоянным, так как они возникли вследствие нарушений здесь законов кристаллизации.

Гаюи пишет о нарушениях законов (пертурбациях), имеющих место при слишком быстрой кристаллизации. Вследствие этого правильно образованный сорокавосьмигранник, который должен был бы возникнуть при спокойной кристаллизации, здесь не получается. Гаюи пишет (Haüy, I, 1801, **3**, 290):

Все эти модификации кажутся не чем иным, как результатом тенденции алмаза образовывать при кристаллизации правильную форму с 48 плоскими гранями. Если такая форма и существует где-либо, то до сих пор она еще никем не наблюдалась. Легко убедиться, что такая форма может получиться путем промежуточного убывания слоев на всех углах ядра. Однако вследствие слишком быстрого образования алмаза его грани стали округлыми, как это наблюдается на множестве минералов. Можно даже сказать, что алмаз, у которого криволинейные ребра образуют чрезвычайно тонкий и вместе с тем очень четкий рельеф, гораздо ближе к форме, получающейся при завершении правильной кристаллизации, чем кристаллы многих других веществ.

Бурнон (Bournon, I, 1815, 32) говорит об одном округлом алмазе:

Кажется, что он был округлен самим процессом кристаллизации.

Автор описал 20 модификаций (отдельных форм); при этом ученый добавляет (стр. XX), что можно бы довести их число до 92. Далее он пишет:

Грани, принадлежащие этим модификациям, очень трудно различить... так как вследствие постоянного отступания кристаллических слоев на кристалле получаются очень наклонные грани. Эти последние, образуя между собой обычно весьма тупые углы, улавливаются с большим трудом.

Таким образом, в нашем понимании мы здесь имеем множество отдельных граней, образующих сходные наклоны, т. е. вицинали.

У Спикса и Мартиуса (Spix u. Martius, I, 1828) мы снова находим взгляд, отстаивавшийся Камара и отвергавшийся Ромэ Делилем, взгляд, согласно которому округления на алмазах возникли благодаря трению и шлифовке.

Брюстер (Brewster, Trans. Roy. soc., 1837, **41**, 167) упоминает алмаз при описании своих световых фигур, которые он получал от разъеденных кристаллических граней. Это упоминание можно было бы принять за первое указание на то, что округлые грани алмаза можно относить к образованиям растворения. Брюстер пишет:

Природные грани прекрасного октаэдрического алмаза дали три светлых луча, наклоненных относительно друг друга на 120°.

Однако такая световая фигура, столь характерная для алмаза, тем не менее принадлежит, согласно нашим исследованиям, не к явлениям растворения, а к треугольникам роста, обычно присутствующим на октаэдрических гранях.

Скакки (Scacchi, I, 1862) рассматривает округлые грани алмаза как частный случай того явления, которое он называл полиэдрией. Последнее соответствует отклонениям участков граней в связи с образованием вициналей. Этот взгляд совпадает в основном с мнением Бурнона.

Гепперт (Goeppert, I, 1864) говорит следующее (стр. 32):

На всей поверхности граней кристалла алмаза находятся более или менее густо расположенные, маленькие, округлые углубления, очевидно произведенные песком, несомненно, еще до окатывания кристалла, пока он оставался мягким, сразу же после своего возникновения.

Н. И. Кокшаров (I, 1866) пишет, присоединяясь к Гаюи:

Кривизна граней кристалла алмаза возникает... при быстром его образовании путем слияния многих граней, наклоненных относительно друг друга под очень тупыми углами, в одну общую округлую поверхность.

Задебек (Rose—Sadebeck, I, 1876) объясняет образование округлых и друзовидных форм алмаза с помощью своей теории строения кристаллов из субиндивидов, которые слагаются в скорлупообразные слои, замыкающиеся в общий кристалл. На стр. 131 он пишет об округлых субиндивидах. На стр. 134 он говорит:

Все грани, возникающие при неправильном соединении субиндивидов, образуют сильно друзообразные и сфероидальные поверхности, поэтому и при свободном соединении субиндивидов можно допустить препятствующее действие окружающей массы.

Баумгауер (Baumhauer, I, 1881) присоединяется к мнению Задебека о том, что формы зависят от расположения субиндивидов (стр. 92).

Бутан (Boutan, I, 1886) подробно рсссмотрел вопрос об округлых гранях алмаза, но не пришел к каким-либо определенным выводам.

Верт (Werth, VII, 1893) видел в округлых гранях доказательство того, что алмаз образовался из расплава при очень быстром его охлаждении.

Федоров (I, 1901), так же как Бурнон и Скакки, полагает, что округлые грани образовались из большого числа вициналей.

Бекке относит округлые грани алмаза к переходным граням, которые он называет „вынужденными". Он говорит следующее (Becke, I, 1907, 410):

Среди [типичных граней железного блеска с острова Эльбы], вокруг полюса (111) наблюдалась целая группа подобных слабо развитых исштрихованных и покоробленных граней, которые замещали вершину ромбоэдра. Округлые грани алмаза относятся, повидимому, к этой же категории. Грани октаэдра — единственные действительно отчетливо выраженные кристаллические грани обыкновенных кристаллов алмаза. То, что наблюдается между гранями октаэдра и представляет собою притупление его ребер и вершин, это слабо развитые „вынужденные" образования, которые возникли вследствие недостатка материала.

Наши исследования привели к взгляду, отличному от взглядов прежних авторов. По нашему мнению, округлые грани являются продуктами отчасти растворения, отчасти роста и, наконец, отчасти одновременного или чередующегося роста и растворения, имевших место в расплаве, в котором алмазы образовались во взвешенном состоянии.

К истории вопроса о гемиэдрии и двойниковании

Эти два вопроса так тесно связаны в алмазе, что их нельзя рассматривать отдельно.

Двойники по шпинелевому закону были описаны Моосом (Mohs, I, 1805, 13), а также Вейссом (Haüy, I, 1806, **3**, 359). Моос описал также кристаллы с входящими октаэдрическими ребрами, причем он считал их двойниками по второму закону. Он говорит (Mohs, I, 1824, 351):

Плоскость срастания параллельна одной из граней гексаэдра. Поворотная ось перпендикулярна к последней. Индивиды распространяются за пределы плоскости срастания.

Ромэ Делиль (Romé de l'Isle, Crist., 1783, **4**, tab. 1, fig. 38) дает изображение подобного двойника, однако не указывает, что это алмаз.

Второй закон двойникования Мооса тождествен тому, который называется законом Розе—Задебека. Назовем его законом Мооса—Розе.

Относительно гемиэдрии Моос говорит следующее (Mohs, I, 1824, 352, подстрочное примечание):

Тетраэдрический тригональный икоситетраэдр действительно встречается. В комбинациях некоторых разновидностей также прекрасно выражена семитессулярная [11] симметрия, и второй тип правильного срастания имеет место только в этих образованиях.

Таким образом, гемиэдрия неотделима от двойникования по этому закону. Гайдингер (Mohs, Miner., 1825, **3**, Taf. 30, Fig. 164) приводит изображение кристалла с входящими ребрами и замечает:

Двойниковые кристаллы, подобные изображенному на фиг. 164, возможны только, если допустить семитессулярные формы.

С тех пор гемиэдрия признается большинством авторов (ср.: Naumann, I, 1828, 1830; Rose, I 1853; Breithaupt, I, 1847; Miller, I, 1852).

Изображение двойников по шпинелевому закону приводится у Бурнона (Bournon, I, 1815, fig. 6, 32—34, 37).

Кристаллы, изображенные на его фиг. 77 и 78, также можно рассматривать как двойники (кристаллы со швом). Он описывает также кристаллы с входящими ребрами и дает целый ряд их изображений (fig. 50—69, 82, 85). Однако он не считает их двойниками и говорит о них следующее (Bournon, I, 1817, 152):

Большая часть входящих углов является непосредственным следствием законов отступания в кристаллизации и отнюдь не принадлежит ряду двойниковых образований.

Бурнон приводит изображение двух кристаллов с отчетливо выраженной гемиэдрией (fig. 5 и 90). Кристалл, изображенный на фиг. 5, он определяет (стр. 3) как переход октаэдра в тетраэдр, а изображенный на фиг. 90 он считает (стр. 37) „образовавшимся вследствие расширения четырех граней октаэдра за счет остальных четырех его граней“.

Рисунки алмазов гемиэдрического образования можно найти у Гайдингера (Haidinger, I, 1824, **1**, tab. 3, fig. 23), Шепарда (Shepard, I, 1857, 238, fig. 484), Вейсса (Weiss, I, 1880, Taf. 1, Fig. 5), Стори-Маскелайна (Story-Maskelyne. Cryst., 1895, 216, fig. 114). См. также изображения наших крист. **74—78** и **80**.

Задебек называет второй закон двойникования Мооса законом Розе (Rose—Sadebeck, I, 1876, 115). Он связывает входящие вершинки со скорлуповатыми оболочками и замечает:

В качестве редкости встречаются гемиэдрические кристаллы тетраэдрического облика (стр. 102).

Если оболочки имеют гемиэдрический характер, то на ребрах октаэдра образуются входящие желобки. Конечным результатом являются формы прорастания тетраэдрического облика по закону Г. Розе (стр. 103).

В другом месте Задебек отрицает двойниковую природу кристаллов с входящими октаэдрическими ребрами. Он говорит (Sadebeck, I, 1876б, 585):

Итак, поскольку алмаз считался главным примером двойникового прорастания тетраэдров по закону „плоскость двойникования—призматическая ось“, можно считать этот закон недействительным.

Гиршвальд (Hirschwald, I, 1877, 216) также придерживается такого мнения. Он говорит:

Если, с одной стороны, эти детально описанные кристаллы доказывают, что для алмаза могут иметь место параллельные срастания, следствием которых являются прямоугольные желобки на октаэдрических ребрах, то, с другой стороны, полное отсутствие каких-либо признаков, характерных для прорастания, заставляет предположить, что желобки на ребрах алмаза не обусловлены двойникованием, как думали до сих пор. Подобными признаками являются: отсутствие прямолинейных и одинаково направленных участков прорастающих ребер, более или менее многочисленные желобки, ничем не отличающиеся друг от друга, независимое образование сегментов октаэдра, выступающих на противолежащих октантах, и, наконец, совершенно ясная аналогия этих образований с другими отчетливо полногранными видами сростков, которые кажутся самостоятельными индивидами.

Ссылаясь на Задебека, он, одновременно, высказывается против гемиэдрии (там же, стр. 217).

Грот (Groth, I, 1878, 4—7) вступается за гемиэдрию так же, как Мартин (Martin, I, 1878, 521). Деклуазо (Des Cloizeaux, I, 1877, 499) и Хр. Е. Вейсс (Weiss, I, 1880, 13—22) присоединяются к защитникам гемиэдрии, между тем как Бэкер (Baker, I, 1880) возражает против нее.

Некоторые авторы пришли путем теоретических умозаключений к выводу о том, что алмазу присуща гемиэдрия; к числу этих авторов относятся: Эддисон (Addison, IX, 1898), Федоров (I, 1899) и Соллас (Sollas, IX, 1901).

Берверт (Berwerth, I, 1899) сравнивал скульптуру граней магнетита и алмаза и нашел в их сходстве аргумент против гемиэдрии.

Ван дер Веен (Van der Veen, IX, 1908, 1911) высказался против гемиэдрии, ссылаясь на свои испытания пироэлектрических свойств алмаза.

Таким образом, до настоящего времени нет ясности в этом вопросе. Наши исследования привели к выводу, что геми-

эдрию можно считать доказанной. В пользу нее говорит:

1. Образование целого ряда кристаллов: крист. **74—78, 80** (табл. 25).

2. Еще решительнее свидетельствуют в пользу гемиэдрии соответствующие картины световых рефлексов (табл. 24, 26, фиг. 161—165, 173, 175—178).

3. Меньшая устойчивость одного из тетраэдров. Крист. **75, 76, 78** (табл. 25, фиг. 168, 169, 171).

4. Результаты опытов травления и особенно соответствующие картины световых рефлексов крист. **129** (табл. 43, фиг. 290).

Гемиэдрия алмаза слабо выражена, т. е. разница между обоими тетраэдрами незначительна.[1]

Слабая гемиэдрия делает в то же время весьма вероятной перетасовку осей **с**, а вместе с тем и действие в алмазе закона двойникования по плоскости куба (закон Мооса—Розе) и особенно образование сложных двойников по этому закону. Бывает, возможно, и перетасовка осей **с** (как в кварце)[2] в самых мельчайших группах частиц.

В этом смысле можно подтвердить высказывание Задебека (Sadebeck, I, 1876a, 65), согласно которому „этот закон двойникования нейтрализует до известной степени гемиэдрию".

Понимание природы входящих ребер октаэдра не требует признания гемиэдрии. Они объясняются отставанием роста и растворением. Однако этому отступанию ребер, при котором один тетраэдр плоскогранный, с образованиями роста, а другой округлый, с образованиями растворения, также может способствовать гемиэдрия. Ведь при известных условиях (а именно при нейтральном насыщении

[1] О сильной и слабой гемиэдрии ср.: Goldschmidt u. Nies, N. Jahrb. Miner., 1908, **2**, 99.

[2] V. Goldschmidt, Zeitschr. Krist., 1907, **43**, 347.

магмы) один тетраэдр **—p** (как видно на крист. **75, 76**) растворяется, между тем как другой **+p** растет.

Мы находим также аргумент в пользу гемиэдрии в приближении стенок входящих ребер к наклону октаэдра. В том случае, если бы здесь не наблюдалась гемиэдрия, т. е. если бы оба тетраэдра (**±p**) имели одинаковую тенденцию, рост начинался бы как только наклон граней, образованных потоком растворения, приблизится к наклону граней октаэдра.

Подобное явление мы видим в ямках высверливания на кубических гранях, как, например, в крист. **55, 69—71.** Этот взгляд подтверждается также крист. **103, 104** (табл. 32, фиг. 221, 222) и особенно картинами световых рефлексов на накладных фиг. 223, 224. Безусловно, поток растворения в желобках противодействует росту, и те грани тетраэдра, которые расположены вне этого потока, имеют несомненные преимущества в отношении роста.

Подытоживая, можно сказать, что мы должны допустить не только гемиэдрию, но и образование простых и сложных двойников по обоим законам: по шпинелевому закону (плоскость двойникования **p**) и по закону Мооса—Розе (плоскость двойникования **d**).

Пластинки полисинтетических двойников по шпинелевому закону описаны Брюстером (Brewster, Phil. trans., 1841, 4; Pogg. Ann., 1843, **58**, 450). Он наблюдал их под микроскопом на отшлифованной грани алмаза и изобразил ее (fig. 5 tab. 2). Он указывает при этом на аналогию с известными экземплярами полевого шпата и кальцита. У Розе—Задебека приводится изображение в трех направлениях кристалла с пластинками полисинтетических двойников (Rose—Sadebeck, I, 1876, Taf. 2, Fig. 24). Такие двойниковые пластинки имеют широкое распространение, их можно наблюдать на наших крист. **26, 32, 33, 91, 93—95, 97.** Как правило, они отчетливо проступают только при травлении, особенно при размывающем травлении. Но тогда они появляются в таком изобилии, что, может быть, не слишком смело допустить, что

бо́льшая часть алмазов (если не все) представляет собою сложные двойники по этому закону.[1] Но в то же время они являются и сложными двойниками по второму закону. Такое образование сложных двойников одновременно по двум законам известно в корунде. Там двойникование происходит одновременно[2] по базопинакоиду и по ромбоэдру $r = 1$.

При подобном способе образования сложных двойников невозможно различать ±тетраэдры (±**p**), если только в отдельных областях этих образований (на целых гранях или на их участках) не присутствует (или не господствует) только один тетраэдр +**p** или —**p**. Эти вопросы можно исследовать экспериментальным путем, и мы имеем в виду заняться их разрешением.

Мы назовем удвоенными сложными двойниками сложные двойниковые сростки, образованные по двум законам.

Циклическое сложное двойниковое образование по шпинелевому закону было описано впервые Сарториусом фон Вальтерсгаузеном (Sartorius v. Waltershausen, I, 1863, 135). Изображение его было дано Задебеком по модели Сарториуса (Rose—Sadebeck, I, 1876, Taf. 2, Fig. 21). Наши крист. **123** и **124** представляют собою такие двойники.

Если отдельные, простые на вид, кристаллы представляют собою сложные двойники, то двойники и циклические сростки, такие как сростки полисинтетических двойников иного рода, нужно рассматривать как сложные двойники или сложные полисинтетические двойники соответственно.

---

[1] О сложных двойниках см.: V. Goldschmidt, Zeitschr. Krist., 1907, **43**, 347.

[2] Ср. Goldschmidt u. Nies, N. Jahrb. Miner., 1908, **2**, 104, и наши описания крист. **101—107**, особенно крист. **102**.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Описание кристаллов

В последующем дается краткое описание отдельных кристаллов. Рядом с изображениями поверхности алмазов помещены соответствующие картины световых рефлексов — гномонические или стереографические. В некоторых случаях даются схематические рисунки как поверхности, так и световых рефлексов, а иногда — детальные изображения характерных участков.

Кроме того, мы пытались истолковать эти образования, причем прежде всего выяснялось, к каким поверхностным образованиям (акцессориям) относятся определенные световые полосы. Далее световые полосы и акцессории изучались для того, чтобы выяснить, являются ли они продуктами роста или растворения и под влиянием каких узлов (главных узлов) и растворяющих потоков они образовались. Для некоторых кристаллов мы пытались также вывести их исходную форму, т. е. ту форму, которой закончился рост кристалла и при которой началось растворение.

В последующем описан 131 кристалл. Описания расположены в тексте и изображения на табличных фигурах в порядке последовательности номеров кристаллов [12].

Кристаллы чистого роста

Крист. **1—17, 38** (ср. крист. **56, 81**)

Только 18 из наших кристаллов свидетельствуют об образовании их исключительно в результате процессов чистого

роста, и то в числе их есть некоторые, на которых замечается в отдельных местах действие растворения (крист. **10, 14, 15, 6**).

Мы знаем, как редки среди алмазов кристаллы чистого роста, однако они очень важны для нас, так как являются единственными носителями типичных форм с плоскими гранями и в то же время в них присутствуют те формы, от которых мы должны производить природные образования растворения.

Бо́льшая часть кристаллов чистого роста происходит из Кимберлейского рудника в Южной Африке. В Бразилии они очень редки; в Юго-западной Африке они до сих пор не встречались.

Острые, прямые ребра на поверхности, прямолинейные полосы и яркие точки в картине световых рефлексов — вот характерные особенности кристаллов этого рода.

Кристалл 1. Табл. 4, фиг. 27, 29.

Коллекция Фрейбергской горной академии. Рудник Ньюлэндс (Южная Африка). Вес около 15 мг. Бесцветный, чистой воды.

Принадлежит к редким кристаллам алмаза, которые были найдены включенными в эклогитовые обломки. Фойт,[1] сообщающий о подобных находках, считает, что известно только пять таких случаев. Позднее нашли значительное число кристаллов (16) в одном эклогитовом обломке, описанном Корсторфайном.[2] Данный кристалл был предоставлен для исследования Р. Беком и передан нам П. Вагнером.[3] Бек имел в своем распоряжении всего два кусочка эклогита, причем в каждом сидел кристалл алмаза. Один из них был покрыт сплошной оболочкой пиропа, и его нельзя было как следует измерить; зато второй поддавался гониометрическому

[1] F. W. Voit. Über die Südafrikanischen Diamantlagerstätten. Zeitschr. prakt. Geol., 1908, **16**, 22.

[2] Corstorphine, Trans. Geol. soc. S. Africa, 1907, **10.**

[3] Ср.: P. Wagner. Die diamantführenden Gesteine Südafrikas. Berlin, 1909, 99.

измерению без отделения от штуфа. Вес обоих кристаллов составлял ориентировочно 15 мг. Они были чистой воды, с легким зеленоватым оттенком и яркой игрой. Кристаллографически они явились совершенно однородными. Их перспективное изображение можно заменить изображением крист. **6** (табл. 5, фиг. 38) без каких-либо изменений. В обоих кристаллах проявляется та же самая форма октаэдра, которая состоит из наложенных друг на друга пластин. Отступание этих пластин на месте додекаэдра, вследствие чего образуются осцилляторные сложные ребра, создает ложные грани додекаэдра. На наших двух кристаллах пластинки ограничены прямыми линиями, которые еще резче выделяются, чем на крист. **6**, наподобие кристалла, схематически изображенного на рис. 16. На обоих кристаллах отсутствовали всякие следы закругления или других явлений, указывающих на процесс растворения. Этому факту отвечает картина световых рефлексов (фиг. 27).

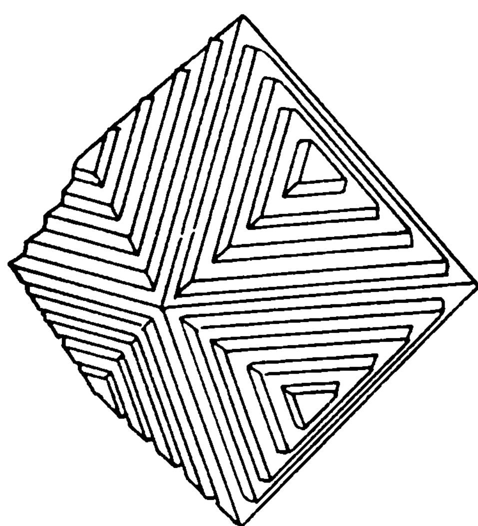


Рис. 16.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 4, Fig. 38.

Последняя представлена точками октаэдра и резкими прямолинейными полосами [**D**], которые тянутся без перерыва от одной точки октаэдра к другой. Ближе к середине эти полосы становятся несколько тоньше и бледнее; за **p** видны их короткие продолжения [**B**], в направлении **c**. В точках октаэдра они дают резкую шестилучевую звезду. Картина рефлексов важна для нас в генетическом отношении, в качестве картины чистого роста.

Сходные полосы видны на крист. **3** (табл. 4, фиг. 28), но здесь точки октаэдра окружены световыми ореолами. Исключительно явления роста наблюдались еще только на крист. **2—5, 7—9, 11—13, 16, 17**. Все эти кристаллы происходят из Кимберлейского рудника. Они были найдены там в последние годы на значительной глубине.

В отношении поверхности сходны крист. **6** и **10**, но в двоякой выпуклости полос (**D**) проявляется уже начало растворения. Эти два кристалла также происходят из Южной Африки. Точное место их находки не известно.

Фиг. 27 (табл. 4) изображает гномоническую проекцию световых рефлексов на плоскость куба. Для пояснения картины световых рефлексов приводится фиг. 29. На ней изображены (несколько схематически) те же самые рефлексы, спроектированные в перспективе на плоскость додекаэдра. На фиг. 29 видно, что полосы [**D**] проходят от одного угла октаэдра до другого, через додекаэдр, перпендикулярно к ребру октаэдра. Отсюда ясно, что эта полоса соответствует ложной грани додекаэдра [**d**].

Кристалл 2. Табл. 5, фиг. 33.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 20 мг. Чистой воды, прозрачный, с множеством черных неправильных включений.

Кристалл принадлежит к числу редких остроreберных октаэдров, б е з з а к р у г л е н и я г р а н е й. Даже при некотором увеличении не наблюдается никакого закругления. Грани дают прекрасные зеркальные отражения, они почти без штриховки или какой-либо иной скульптуры. Однако некоторые участки плоскостей октаэдра напоминают изображение крист. **3** (табл. 5, фиг. 34).

Этому соответствует простая картина световых рефлексов. Она состоит из восьми блестящих точек октаэдра; каждая из этих точек имеет небольшой ореол, а некоторые — короткие полосы [**D**], образующие бледную трех- или шестилучевую звезду. Ореолы вокруг точек октаэдра по большей части бледные, облачные, из-за множества рассеянных световых точек.

Подобного рода ореолы вокруг главной точки встречались только у образований роста из Кимберлея и могут

считаться характерными для этих последних (ср. крист. **1** и **6**; табл. 4, фиг. 27 и 31). На бразильских кристаллах они до сих пор не наблюдались.

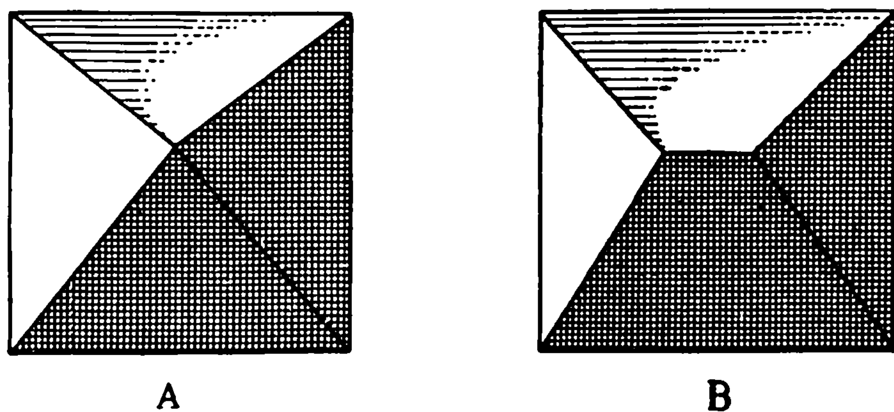


Рис. 17.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, **4**, tab. 1, fig. 1, 2.

Ромэ Делиль дает изображение правильных октаэдров (рис. 17, *A* и *B*), однако из текста не видно, как образованы ребра.

Такие островеберные октаэдры наблюдаются в искусственных алмазах Гасслингера.[1] Они также являются образованиями чистого роста. Оригинальный препарат, в котором прекрасно выражены эти кристаллики, принадлежавший Гасслингеру, к сожалению очень рано скончавшемуся, был получен нами от профессора Г. Гольдшмидта, в Праге.

Кристалл 3. Табл. 4, фиг. 28; табл. 5, фиг. 34.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 40 мг. Чистой воды, с черными неправильными включениями.

Резко выраженный октаэдр, с тонкой поверхностной скульптурой, изображенной на фиг. 34 (табл. 5). Никакого закругления ребер, никаких признаков травления. Такой форме поверхности отвечает картина световых рефлексов (табл. 4, фиг. 28; гномоническая проекция на грань куба). Она сходна с картиной световых рефлексов крист. **2** в отношении резких октаэдрических точек с маленькими точечными ореолами и трех- (или шести-)лучевой звездой; с другой стороны, она похожа и на картину световых рефлексов крист. **1** (табл. 4, фиг. 27), в отношении резких прямолинейных полос [**D**]. Упомянутые звезды ярче, чем у крист. **2**.

---

[1] R. v. Hasslinger, Monatshefte f. Chemie, 1902, **23**, 817; 1903, 633.

Они соответствуют слабой штриховке поверхности; резкие полосы [**D**] от **p** до **p** отвечают глубоко врезанным фигурам роста (ступени и треугольники) на гранях **p**, которые повторяются на крист. **18**, **21** и других.

Крист. **3** — образование чистого роста. На нем нет никаких следов криволинейных световых полос, которые соответствуют растворению.

Крист. **3** образует одну группу с крист. **2**, **12**, **16**, **17**; все они происходят из Кимберлея и имеют много общего между собою.

Кристалл 4. Табл. 4, фиг. 30; табл. 5, фиг. 35.

Коллекция А. Ферсмана. Южная Африка (вероятно Кимберлей). Вес 85 мг. Просвечивающий, буроватого цвета.

Комбинация мелких граней октаэдра с большими ложными гранями [**d**], которые придают этой комбинации ее облик. Грани октаэдра резко выраженные. Ложная грань [**d**] слагается из тонких пластинок, проявляющихся в виде тонкой штриховки. Закругления ребер или другие явления растворения не наблюдаются нигде. Гномоническая картина световых рефлексов напоминает картину крист. **3** и **6** (табл. 4, фиг. 28 и 31). Октаэдрические точки бледные, с точечными ореолами, или же вместо них наблюдаются одни ореолы, образующие расплывчатое световое пятно. Важно сгущение света в середине невыпуклых полос [**D**], вокруг точки **d**, как переход от ложных граней к истинным граням **d**. Удастся ли найти хорошо выраженные кристаллы с господствующими истинными гранями **d**? До настоящего времени они не известны.

Картина световых рефлексов, так же как и поверхность, говорит в пользу того, что заключительной стадией в этом кристалле была стадия роста.

Кристалл, изображенный К. Мартином (рис. 18), сходен с нашим крист. **4**; на рисунке подчеркивается гемиэдрия в форме неравной величины граней **p**. С ними сходен также кристалл, изображенный на рис. 19, по Розе—Задебеку. На

рисунке отсутствует штриховка, о которой Задебек упоминает в тексте (стр. 94). Лестничное и ступенчатое расположение пластин приводит к образованию ложных граней, которые приближаются к форме **u** $= \frac{1}{2}$ 1. Поэтому Задебек дал на рисунке символ 20 $= \frac{1}{2}$ 1. Нужно заметить, что форма **u** $= \frac{1}{2}$ 1 действительно встречается в алмазе, причем она была измерена нами на крист. **8**, **10**, **13**, **16**, **17** и зарисована для крист. **17** (табл. 7, фиг. 53).

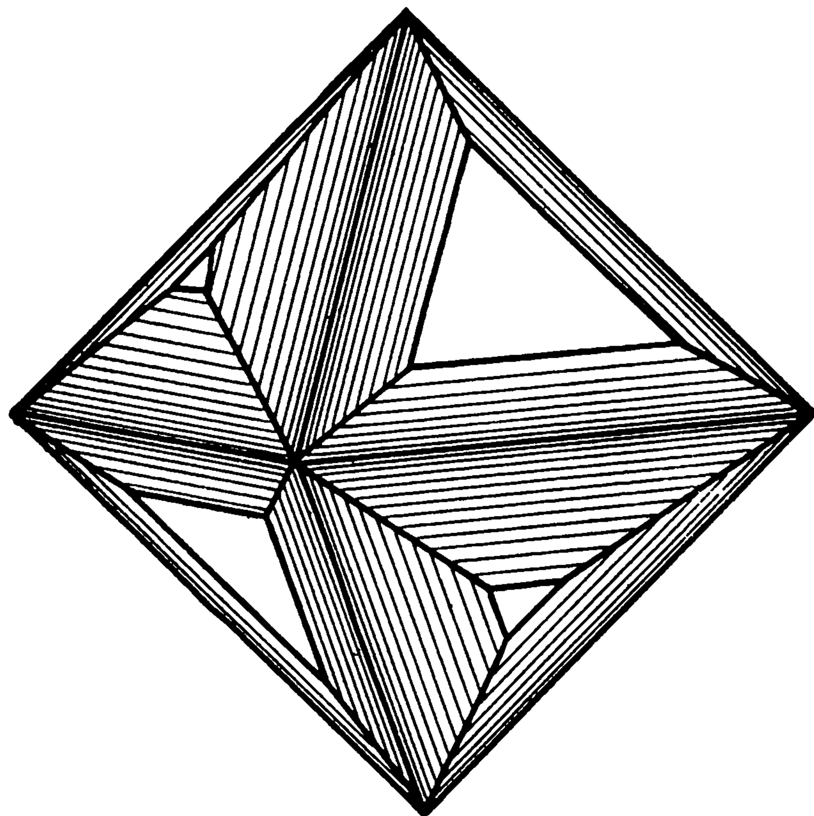


Рис. 18.
K. Martin, Zeitschr. Geol. Ges., 1878, **30**, Taf. 21, Fig. 1. (Бразилия).

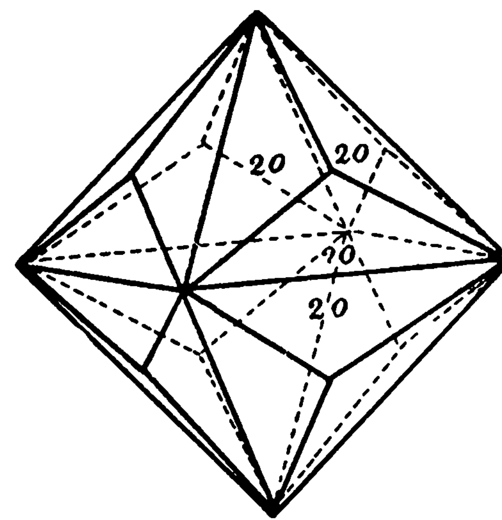


Рис. 19.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 3.

Кристалл 5. Табл. 5, фиг. 36.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка. Вес 105 мг. Бледнобурый, чистый, прозрачный.

Образование чистого роста. Октаэдр состоит из резко отграниченных пластинок. Отступание пластинок на ребрах октаэдра может служить объяснением ложных граней [**d**], так же как в крист. **4**. Гладким блестящим граням октаэдра соответствуют в картине рефлексов точки **p**, окруженные маленькими ореолами. Простая картина рефлексов дополняется короткими полосами [**D**].

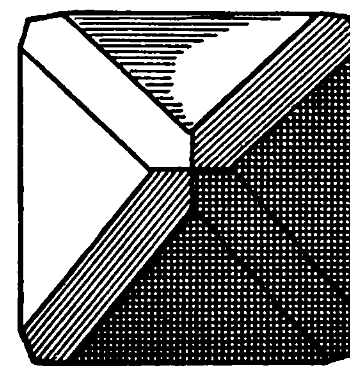


Рис. 20.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, 4, tab. 3, fig. 7.

В крист. **6—10**, которые будут описаны далее, отмечаются те же явления, однако в них не наблюдается резко выраженных и прекрасных форм крист. **5.**

Кристалл, изображенный Ромэ Делилем (рис. 20), был, вероятно, похож на наш крист. **5.**

Кристалл 6. Табл. 4, фиг. 31; табл. 5, фиг. 38; табл. 6, фиг. 45.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка (Кимберлей?). Вес 100 мг. Малопрозрачен, имеет легкий буроватый и желтоватый оттенок.

Октаэдр, состоящий из наложенных друг на друга пластинок. Довольно резко отграниченные пластинки образуют, вследствие отступания, ложные грани на месте додекаэдра [**d**]. Резкое и почти прямолинейное ограничение пластинок указывает на рост, однако здесь наблюдаются уже некоторые явления растворения.

Последние проявляются в гномонической проекции полос световых рефлексов (табл. 2, фиг. 3). Прямолинейные полосы [**D**] яркие, однако они слабее, чем в крист. **5**, и вид у них деформированный. Некоторые расширяются в середине (т. е. в направлении точки **d**) и образуют, таким образом, переход от резких прямолинейных полос [**D**] (крист. **1** и **3**), характерных для роста, к полосам (**D**) с двоякой выпуклостью (крист. **18, 27, 29** и др.), представляющим типичную картину растворения.

Пластинки октаэдра дают яркие точки, окруженные несколько бо́льшими точечными ореолами, чем у крист. **1** и **3.**

Характерными для кристалла и для его заключительной стадии роста являются резкие прямолинейные световые полосы от октаэдра **p** до куба **c** (полосы [**B**] общей картины; табл. 1, фиг. 2). В крист. **10** они развиты несколько сильнее. Картина рефлексов напоминает картину крист. **3**, однако

бросается в глаза разница в резкости световых рефлексов. Слабые явления растворения, еле заметные на поверхности, ясно проявляются в картине рефлексов.

На фиг. 45 (табл. 6) дано гномоническое изображение световых полос в проекции на грань додекаэдра (ср. крист. **1**, табл. 4, фиг. 29). Здесь видно, что полосы проходят от октаэдра к октаэдру, через додекаэдр. Полоса перпендикулярна к штриховке [13]. Там, где она закругляется в середине вследствие расширения, соответственно закругляются также и края пластинок (вследствие растворения).

Нужно обратить особенное внимание на эту связь между направлением и распространением рефлекса и закруглением поверхностных образований. Если различать при закруглении участка поверхности простирание и падение, то соответствующий отрезок полосы светового рефлекса будет перпендикулярен к простиранию и будет проходить в направлении падения.

Для сравнения приводим рис. 18 (стр. 140), заимствованный у Мартина. Судя по внешнему виду и по описанию, имеем здесь кристалл, сходный с нашим крист. **6.** С ним сходен также и описанный далее крист. **10.**

Кристалл 7.

Коллекция В. Гольдшмидта. Вероятно, из Южной Африки. Вес 5 мг. Чистый, прозрачный.

Форма кристалла такая же, как крист. **6**, и полосы световых рефлексов также несколько расплывчаты и прерывисты, но без двусторонней выпуклости в середине.

В этом расширении и прерывистости световых полос можно найти аналогию с точечными ореолами вокруг точек **p** и **c.** Оба эти образования встречаются при чистом росте, и их можно считать характерными для р о с т а, наряду с простыми точками и резкими прямолинейными полосами.

Крист. **7** — образование чистого роста.

Кристалл 8.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 85 мг. Чистой воды, с черными включениями.

По наружному виду похож на крист. **6.** В этом кристалле можно было установить на отдельных пластинках, ограничивающих октаэдр, додекаэдр ($\mathbf{d}=10$), в виде узкой резко выраженной грани, и форму $\mathbf{u}=\frac{1}{2}1\,(122)$, в виде широких полос. Последняя наблюдалась на одной половине кристалла в виде семи отдельных граней, из которых две были четко ограничены и могли быть измерены вполне удовлетворительно.

Измерение приводит к следующим значениям сферических координат:

для **u**: $\varphi=26°05'$, $\rho=47°40'$; $26°30'$, $48°20'$ — вычислено $26°34'$, $48°11'$;

для **d**: $\varphi=45°20'$, $\rho=90°00'$; вычислено $45°00'$, $90°00'$.

Обе формы можно считать типичными. Световые рефлексы для **u** и **d** слегка вытянуты в зоне [**pdp**] и окружены маленькими ореолами.

Крист. **8** — образование чистого роста.

Кристалл 9.

Коллекция А. Ферсмана. Южная Африка (вероятно Кимберлей). Вес 8 мг. Бесцветный, чистый, прозрачный.

Октаэдр, состоящий из резко выраженных пластинок. Наружный вид и рефлексы схожи с крист. **6.** Возле одной вершины октаэдра находится, так же как на крист. **16** (табл. 7, фиг. 52), маленькая треугольная грань, срезающая три пластинки, однако не прямо в зоне **pc**, а несколько вкось. Она дает хороший простой рефлекс с угловыми величинами

$$\varphi=41°19',\ \rho=45°21'.$$

К этому положению не приближается ни одна форма с относительно простым символом. Она близка к $\mathbf{n}=\frac{2}{3}(223)$,

для которой вычисленные координаты равны: $\varphi = 45°00'$; $\rho = 43°19'$. $\mathbf{n} = \frac{2}{3}$ есть форма, установленная для алмаза. Однако, несмотря на хорошее развитие граней, мы не могли убедиться в том, что она принадлежит к числу типичных форм.

Кристалл, несомненно, является образованием роста.

Кристалл 10. Табл. 4, фиг. 32; табл. 5, фиг. 39; табл. 6, фиг. 43.

Коллекция В. Гольдшмидта, Южная Африка. Вес 30 мг. Не вполне прозрачный, слегка буроватый.

Строение поверхности такое же, как у крист. **6** (табл. 5, фиг. 38). Поэтому мы даем здесь только изображение головки

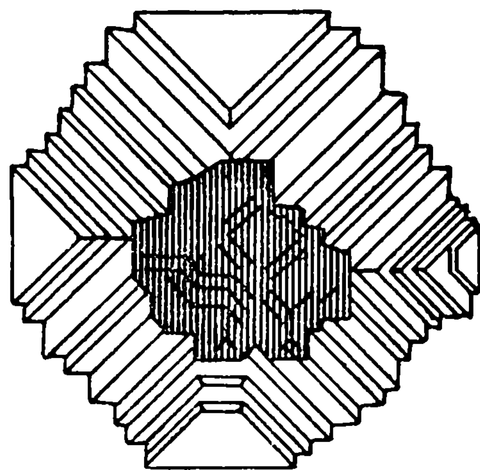


Рис. 21.

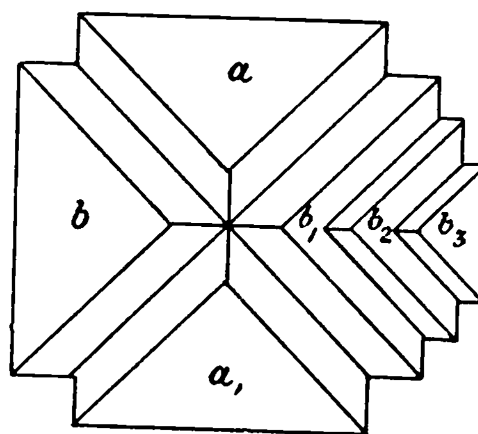


Рис. 22.

J. Hirschwald, Zeitschr. Kr st., 1877, 1, Taf. 8, Fig. 4, 8.

крист. **10** (табл. 5, фиг. 39), которое должно дополнить перспективное изображение фиг. 38. На фиг. 43 табл. 6 представлено более точное, слегка схематизированное изображение грани октаэдра, соответствующей октанту I картины световых рефлексов (по зарисовке под микроскопом, при слабом увеличении). Здесь видно пластинчатое строение октаэдра с треугольными фигурками роста. Эти фигурки соответствуют углублениям, образующимся в результате сближения трех растущих пластинок.

Крист. **10** похож на описанный и изображенный И. Гиршвальдом кристалл, который воспроизведен нами на рис. 21, 22.

Гиршвальд любезно предоставил нам свой кристалл для сравнения. Его кристалл отличается от нашего крист. **10**:

1) углублениями с неправильными границами на месте граней куба; из числа последних только одна дала слабый рефлекс, совпадающий с направлением наших полос (**A**);

2) наличием маленькой грани **c** с расплывчатым рефлексом;

3) наличием граней **d**, в виде тонких линий, и, возможно, граней **u**.

Кристалл Гиршвальда также представляет собой образование чистого роста (за исключением углублений на гранях куба, которые являются результатом действия высверливающих потоков).

Особого внимания заслуживает картина рефлексов крист. **10** (табл. 4, фиг. 32). В ней наблюдается своеобразное явление. Кроме точек октаэдра с их маленькими ореолами, здесь отчетливо видны полосы [**D**] и, также отчетливо, полосы [**B**]. Последние заканчиваются в световой точке, приближающейся к точке грани $\mathbf{q} = \frac{1}{2}$. Соответствующего данной точке участка плоской грани на поверхности кристалла не удалось установить. Полосы [**D**] и [**B**] характерны для роста.

Однако здесь мы видим одновременно несколько изогнутых в обе стороны полос (**D**), отвечающих растворению, которым всегда сопутствуют прямолинейные полосы [**D**]. Итак, мы видим в картине световых рефлексов на некоторых ребрах одновременно и рост и растворение, а на других — чистый рост. На поверхности кристалла нам не удалось установить эквиваленты явлений растворения.

Сочетание роста и растворения в одном месте встречается не только в этом кристалле, но и в целом ряде наших кристаллов алмаза. Как ни странно — это не редкость.

Кристалл 11.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 35 мг. Бледнобуроватый, прозрачный.

Резко выраженный октаэдр, состоящий из пластинок, так же как крист. **6** и **10.** Сильно развиты ложные грани [**d**]. Узкие плоские участки в этих ложных гранях дают точечные рефлексы, положение которых отклоняется только на $\pm 25'$ от точки **d**. Таким образом, на этом кристалле можно считать установленной форму **d** = 01 (додекаэдр) в качестве типичной формы роста. Мы найдем ее еще в нескольких кристаллах, например в крист. **50.**

Картина поверхности сходна с крист. **6** (табл. 5, фиг. 38). Изображение похоже на крист. **10** (табл. 5, фиг. 39), однако данный кристалл состоит из резче отграниченных пластин. Картина световых рефлексов напоминает крист. **4** (табл. 4, фиг. 30).

Кристалл 12. Табл. 6, фиг. 40, 44; табл. 7, фиг. 47.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 35 мг. Чистой воды, с черными неправильными включениями.

Комбинация **p** и **c**, которая отличается острыми ребрами и прекрасно отражающими гранями. Грани октаэдра гладкие, без штриховки, но ближе к середине встречаются отдельные тончайшие маленькие треугольные фигурки роста. На пяти вершинах октаэдра развиты плоские грани куба, на шестой наблюдается притупление с матовой поверхностью, которое дает слабый световой рефлекс, отвечающий грани **c**. Ближайшее рассмотрение этой грани показывает, что она состоит из вершинок мелких октаэдров, напоминая этим крист. **15** (табл. 5, фиг. 37). На пяти других гранях куба не наблюдается поверхностной скульптуры. Они отражают сильнее граней октаэдра. Своеобразию граней соответствует и картина световых рефлексов (табл. 6, фиг. 40).

Точки октаэдра окружены яркими ореолами; короткие линии [**D**] отвечают тончайшим треугольным фигуркам роста.

На фиг. 44 табл. 6 изображена в увеличенном виде картина световых рефлексов грани куба. Она состоит из четырех тесно сближенных точек и четырех коротких лучей, соответствующих нашим линиям [**B**] (табл. 1, фиг. 2), которые протягиваются к точкам **p**. Эти рефлексы напоминают рефлексы крист. **55**, **57**, **65**, имеющих форму куба. Кроме этих четырех точек и четырех лучей, в картине световых рефлексов куба наблюдается еще слабый точечный ореол.

Резкое проявление граней куба в образовании роста представляет большую редкость. Мы имеем в своем распоряжении еще второй подобный кристалл, и еще один, сходный с этими, был показан нам профессором Врба в Праге. Все три кристалла происходят из Кимберлея.

Однако мы имеем основание допустить, что кристаллы, образованные таким образом, составляют исходные формы одной группы наших тел растворения, как, например, крист. **47—49**, а может быть и **50**.

Как у ювелиров, так и в коллекциях часто встречаются пришлифованные грани куба. Эти последние отличаются от природных тончайшей штриховкой, обусловленной шлифовкой. Кроме того, в проекции соответствующие им точки никогда не совпадают с их теоретическим положением. Решающим признаком для определения природных граней куба является своеобразие их светового рефлекса.

Кристалл 13. Табл. 6, фиг. 41; табл. 7, фиг. 48; табл. 16, фиг. 107; табл. 17, фиг. 113.

Коллекция А. Ферсмана. Бразилия. Вес 35 мг. Чистый, прозрачный, с легким желтоватым и буроватым оттенками.

Здесь — комбинация **c** и **p**, находящихся до известной степени в равновесии в том смысле, что грани октаэдра имеют вид равносторонних шестиугольников; подчиненной является $\mathbf{u} = \frac{1}{2} 1$ (122). Грани октаэдра гладкие, с неглубокими треугольниками роста и легким закруглением ребер. Местами

это закругление сменяется участками плоских граней, отвечающими довольно точно форме **u**.

Измерено: $\varphi = 45°00'$, $\rho = 70°13'$
$45°00'$ $70°52'$
$45°00'$ $70°10'$
} вычислено: $\varphi = 45°00$, $\rho = 70°31'$.

Эти измерения свидетельствуют о том, что данная форма является типичной. Она наблюдается еще в шести кристаллах. Грани **u** тоже тонко исштрихованы параллельно ребрам в зоне **pdp**; самые ребра несколько закруглены. Штриховка и закругление отвечают ограничению граней октаэдра пластинками, отступающими по краям.

Грани **c** ровные, некоторые с углублениями в середине. Эти углубления нужно рассматривать здесь не как результат действия высверливающих потоков, а как о т с т а в а н и е пластинок при росте. В пользу такого взгляда говорят плоское дно углубления и пластинки по краям, параллельные граням куба, выделенным на рисунке штриховкой. Это — образование роста.

Картина световых рефлексов состоит из ярких точек **c** и **p**; та и другая окружены ореолами; слабые полосы [**D**] отвечают закруглению ребер октаэдра и фигурам роста на октаэдрических гранях; полосы [**B**] — стенкам углублений на гранях октаэдра. Судя по поверхности и световому рефлексу, мы имеем здесь о б р а з о в а н и е ч и с т о г о р о с т а.

Этот кристалл представляет исключительный интерес как исходная форма, образование которой закончилось ростом. Он является исходной формой (начальным телом) для целого ряда других тел, в разных переходных стадиях, которые мы видим в крист. **47, 48, 50** и **51**.

Данный кристалл доказывает, что комбинации **pc** с одинаковым развитием этих граней действительно существуют и, следовательно, генетически их можно считать исходной формой вышеуказанного ряда. Кроме того, крист. **13** важен потому, что он удостоверяет существование формы $\mathbf{u} = \frac{1}{2}1$, которая наблюдалась также в крист. **8, 16, 17, 50**.

Кристалл 14. Табл. 6, фиг. 42; табл. 7, фиг. 49—51.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета. Месторождение не известно (вероятно Бразилия). Вес 85 мг. Просвечивающий, бесцветный, с легким желтоватым оттенком.

Кристалл, похожий на октаэдр, состоит из отдельных индивидов с параллельной ориентировкой, тесно прижатых друг к другу. Каждый из этих индивидов имеет форму комбинации **p** и **c**, в одинаковом их развитии. Иллюстрацией могут служить схематические изображения на фиг. 50 и 51 табл. 7. Ребра отдельных кристалликов слегка закруглены; при небольшом увеличении в них наблюдается резкая штриховка в зоне **pc** и менее ясная в зоне **pdp.**

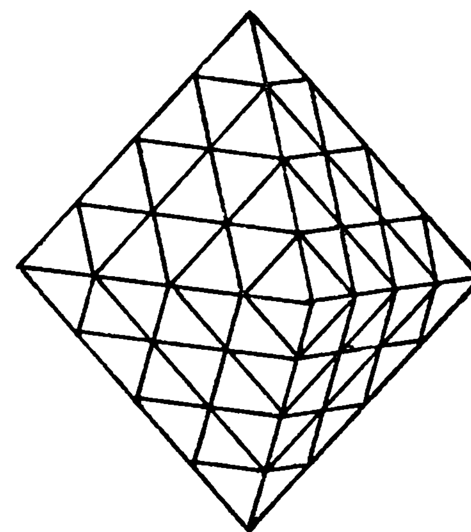


Рис. 23.
Bournon. Cat. 1815, tab. 1, fig. 3.

Картина световых рефлексов (табл. 6, фиг. 42) свидетельствует об исключительной правильности и совершенстве образования. В этой картине проявляются резкие полосы [**B**], отвечающие вышеупомянутой штриховке в зоне **pc**. Эти полосы, соединенные прекрасно выраженными полосами (**A**), образуют звезду в полюсе, которая отвечает вицинальным образованиям грани куба. Слабые полосы [**D**] и расплывчатые полосы (**D**) отступают на второй план в картине световых рефлексов.

Этот сложный кристалл представляет собою столбчатую форму, состоящую из кристалликов, образование которых закончилось фазой роста; ребра их лишь незначительно изменены слабыми процессами растворения.

Второй, желтый матовый кристалл из этой же партии, форма которого приближается к форме пирамидального октаэдра, по своему строению сходен с крист. **14,** но отдельные индивиды в нем так малы, что в картине рефлексов получаются только слабые полосы, похожие на полосы крист. **14.**

Аналогичный кристалл представлен, повидимому, на нашем рис. 23 (по Бурнону).

Кристалл 15. Табл. 5, фиг. 37.

Фиг. 37 присоединена к этой группе для сравнения с крист. **14** и другими образованиями роста. Описание будет дано далее.

Кристалл 16. Табл. 7, фиг. 52.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 25 мг. Чистой воды, бесцветный.

Октаэдр, состоящий из резко выраженных пластинок, наподобие крист. **6** (табл. 5, фиг. 38).

Интересна грань $\mathbf{n} = \frac{2}{3}$ (223), которая встречается только на одной грани октаэдра и срезает целый ряд пластинок; она была точно измерена и может считаться достоверной. Форма этой редкой грани показана на фиг. 52. Здесь изображена только одна грань октаэдра, на которой форма **n** выделена и затушевана темной штриховкой. Она проявляется вверху в пяти местах и слева внизу в одном месте.

Измерение показало:

$\varphi = 45°10'$, $\rho = 43°25'$; вычислено: $\varphi = 45°0'$, $\rho = 43°19'$.

Кроме этой грани, наблюдаются еще узкие полосы **d**, которые также дают хорошие точечные рефлексы. На одной из пластинок имеется притупляющая ее грань $\mathbf{u} = \frac{1}{2}1$. Картина световых рефлексов в точности соответствует крист. **3** (табл. 4, фиг. 28), за исключением световых точек **u, n, d,** со слабыми ореолами.

Примечание. Кристаллы **2, 3, 8, 12, 16, 17** составляют группу образований роста. Все они принадлежат одной небольшой партии кристаллов из Кимберлея. Наряду с октаэдром в них наблюдаются типичные формы

$$\mathbf{c} = 0,\ \mathbf{d} = 01,\ \mathbf{q} = \frac{1}{2},\ \mathbf{u} = \frac{1}{2}1,\ \mathbf{n} = \frac{2}{3}.$$

Очень важно обратить особое внимание на установление таких чистых образований роста, на основании которых может быть увеличено число достоверно установленных типичных форм. Пластинки с острыми ребрами характерны для этих образований.

Кристалл 17. Табл. 7, фиг. 53.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 55 мг. Просвечивающий, бесцветный, с черными включениями.

Октаэдр со слабо выраженной пластинчатостью, с красивыми, хорошо развитыми гранями **u** и узкими полосами **d** (тонкими притуплениями краев пластинок). Три угла усечены маленькими блестящими гранями куба **c**.

Картина световых рефлексов сходна с таковой у крист. **6** и **8**.

Для **u** измерены:

φ	ρ	
25°20′	47°10′	вычислено: φ = 26°34′, ρ = 48°11′.
27°00′	48°27′	
24°40′	46°45′	
26°42′	47°29′	

Образование чистого роста.

Второй, сходный с этим, кристалл (но только без граней куба) также происходит из Кимберлея. Наряду с октаэдром в нем наблюдаются формы **u** и **d**.

Приведенный здесь рис. 24 изображает, повидимому, такое же образование.

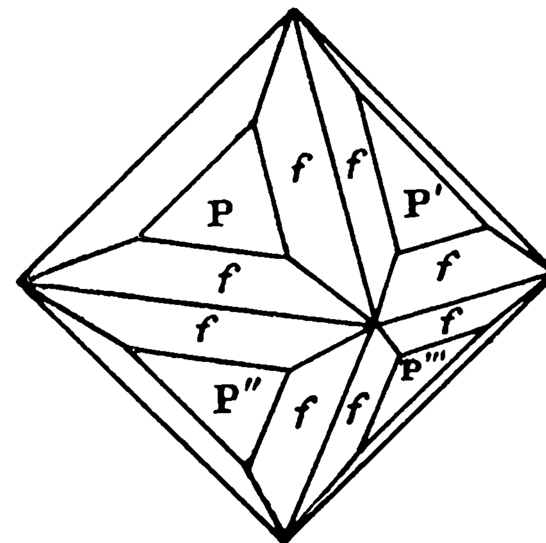


Рис. 24.
Shepard. Mineralogy. 1857, 3, 238.

Кристаллы, образование которых закончилось в нейтральной стадии или в стадии растворения

А. Переходный ряд от октаэдра к додекаэдру

Крист. **18—35**

Этот переходный ряд можно разделить на два подотдела. В первом преобладает октаэдр, который всё больше вытесняется округлыми гранями растворения (**d**) додекаэдра, параллельно с продолжением этого процесса. Ко второму принадлежат кристаллы додекаэдрического типа.

Судя по имеющимся находкам, первый подотдел характерен для Южной Африки, а второй — для Бразилии и Юго-западной Африки.

Весь этот ряд можно назвать главным рядом алмаза, к нему принадлежит бо́льшая часть добытых алмазов.

1. Кристаллы, в которых октаэдр является господствующей формой

Крист. **18—25**

Для характеристики этого типа приводится схематический рис. 25.

Вследствие растворения ребра октаэдра закругляются и на них появляется поперечный перегиб (пограничная линия) в середине. Кроме того, образуются бугорки травления, вершинки которых обращены в сторону куба.

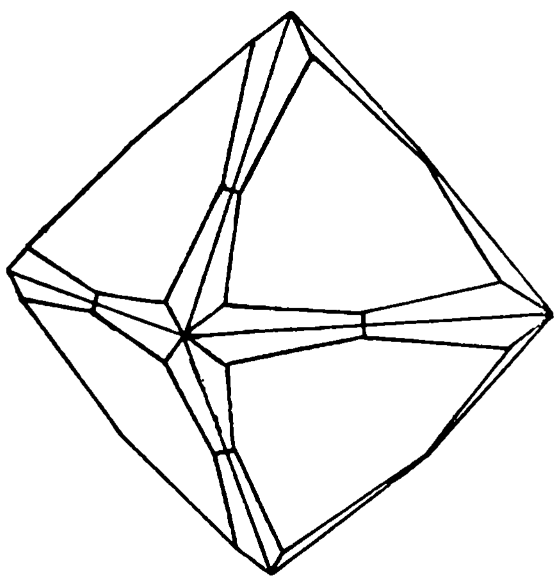


Рис. 25.

Такое образование мы считаем результатом действия растворяющих потоков, направляющихся от **c** к **d**.

В картине световых рефлексов наблюдаются характерные полосы (**D**), проходящие в виде дуг по обе стороны зональной линии **pdq**, так что между ними образуется более широкая или более узкая зональная область. При дальнейшем развитии процесса полосы (**D**) становятся шире и ярче, зональная область расширяется и свет концентрируется в середине полосы.

Кристалл 18. Табл. 6, фиг. 46; табл. 8, фиг. 54, 55; табл. 9, фиг. 61, 62, 65.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка. Вес 1075 мг. Чистой воды, бесцветный.

Октаэдр, форма которого представлена схематически на рис. 25.

Плоские грани. Грани октаэдра обладают однородным блеском и покрыты треугольными углублениями, которые часто расположены рядами, параллельными ребрам октаэдра (табл. 9, фиг. 61).

Эти ямки образуют скопления и увеличиваются ближе к середине граней. На фиг. 62 и 65 (табл. 9) изображены грани, в середине которых образовались большие углубления такого рода, со всеми их деталями.

Прекрасные снимки подобных фигур можно найти у Вильямса.[1] Схематическое изображение их линейного расположения имеется у Розе[2] и повторяется у Задебека.[3] Розе считал эти углубления перерывами в росте, а Задебек — фигурами травления. По нашему мнению, их следует рассматривать как продукты роста. В пользу такой точки зрения говорят острота ребер при небольшой глубине фигуры, прямолинейные полосы световых рефлексов и распространение резко выраженных углов и ребер октаэдра в глубину. Последние не могли бы сохраниться при высверливающем действии веществ, вызывающих травление. На фиг. 62 представлено такое распространение.

Наконец, фигуры роста находятся на гранях октаэдра в обратном положении по отношению к фигурам растворения (повернуты под углом в 180°); это относится как к природным (табл. 25, фиг. 171; табл. 43, фиг. 292), так и к искусственным образованиям (табл. 42, фиг. 277, 278, 280, 281).

В дальнейшем мы рассмотрим этот вопрос более детально.

Углубления имеют острые края по отношению к грани октаэдра. Однако стороны их не прямолинейные, а изогнутые, в строгом соответствии с зоной [**pdq**], так что полоса

---

1 F. G. Williams. The diamond mines of South Africa, come account of their rise and development. New York a. London, 1902, 505.

2 G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, 531.

3 G. Rose und A. Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, 94, 119.

световых рефлексов совершенно прямолинейная.[1] Можно считать, что они состоят из чрезвычайно тонких краев пластинок. Углубления заканчиваются в середине либо острием, либо плоским треугольником, отвечающим октаэдру с прямолинейными границами (рис. 26).[2]

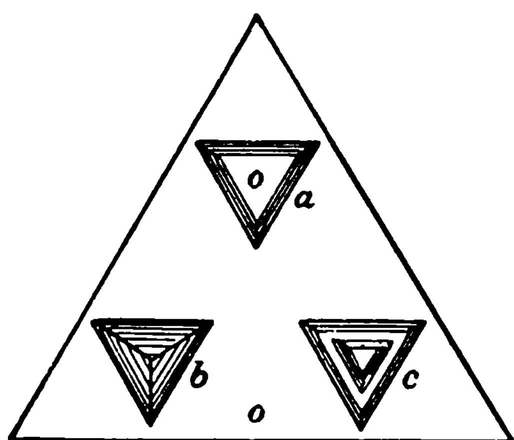


Рис. 26.
Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, 530.

Такие треугольники роста — обычное явление в алмазах. Они наблюдаются также на гранях октаэдра искусственных кристаллов алмаза, полученных Р. Гасслингером.

Округлые грани. Ребра октаэдра заменены характерными округлыми гранями. Они занимают место додекаэдра с перегибом приблизительно на середине ребра октаэдра. Они расширяются в направлении вершин октаэдра и сужаются к середине. На крист. **19**, во всех отношениях схожем с крист. **18**, каждая из этих граней сужается в середине до тонкой линии (табл. 9, фиг. 60).

Характерным для этих криволинейных образований является вышеуказанный перегиб, который мы называем пограничной линией и который проходит перпендикулярно к ребру октаэдра. По нашему мнению, — это пограничная линия между двумя растворяющими потоками с вершин октаэдра (точки куба), которые текут с двух сторон в направлении **cd** и встречаются здесь на полпути. Ср. с схематическим рисунком на фиг. 24 табл. 3.

---

[1] Когда мы говорим о прямолинейных полосах рефлексов, то как здесь, так и в дальнейшем подразумеваем полосы гномонической проекции.

[2] Об этом рисунке Розе пишет (G. Rose, Monatsber. Ak. Berllin, 1872, 541): „Правильные треугольные углубления, которые встречаются у природных кристаллов алмаза и объясняются недостатком вещества при образовании алмаза. Они ограничены гранями додекаэдра“. Выражение „недостаток вещества“ напоминает интерпретацию Бекке для так называемых „недостаточных граней“.

В вершинах куба эти криволинейные грани сходятся, образуя четыре округлых ребра додекаэдра. Вследствие этого закругления вершина октаэдра притупляется.

Картина световых рефлексов. Крист. **18**, **19** и **22** дают в основном одинаковую картину световых рефлексов. Крист. **18** соответствует фиг. 54 табл. 8. Картина световых рефлексов состоит из полос трех родов, которые мы обозначаем как [**D**], (**D**) и (**C**). Для ориентировки в картине рефлексов укажем фиг. 2 табл. 1 и накладную фиг. 2.

Световая полоса [**D**] наблюдается в крист. **18**, но отсутствует в крист. **19** и **22**. Она проходит в виде прямой линии от **p** в направлении **d** и прерывается, не достигнув точки **d**. Она соответствует вышеописанным треугольным углублениям. Ее резкость и прямолинейность свидетельствуют в пользу образования роста.

Световая полоса (**D**) свойственна всем трем кристаллам; это самая важная световая полоса в алмазе, которая редко отсутствует. Она проходит приблизительно в направлении **pdp**, отклоняясь, однако, дугообразно в обе стороны в направлении **c**. В одном кристалле это отклонение шире, в другом у́же. Световая полоса всегда расширяется в направлении центра. Кроме световых полос [**D**] и (**D**), в картине проекции (табл. 8, фиг. 54) наблюдаются еще криволинейные и расширенные световые полосы (**C**). Они начинаются в середине полос (**D**) и обращены вогнутой стороной к полюсу. Эти полосы протягиваются стороной приблизительно до точки $\frac{2}{3}(223)$, однако не доходят до нее, а в других случаях они тянутся в сторону точки $\frac{1}{2}(112)$.

Этим дугообразным полосам (**C**), открытым в сторону полюса, отвечает округлая коническая поверхность, окружающая вершину октаэдра. Точно так же, как рефлексы (**C**) переходят в полосу (**D**), закругление полюса, отвечающее полосам (**C**), переходит в криволинейную штриховку на месте додекаэдра. Пустым зональным областям **cp** между отдель-

ными полосами (**C**) в картине световых рефлексов соответствуют четыре гребня с острыми ребрами (ребра додекаэдра), проходящими от полюса к октаэдру.

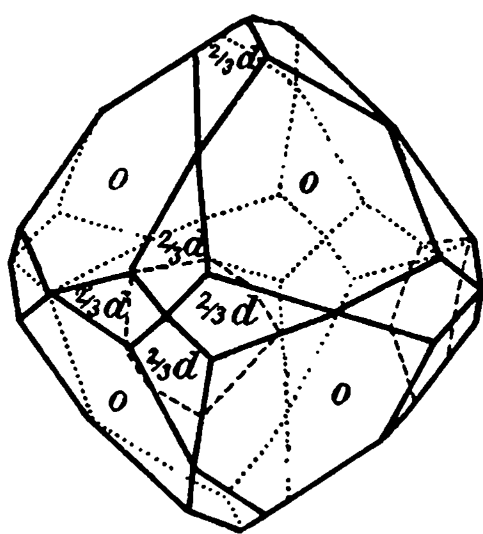


Рис. 27.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 9.

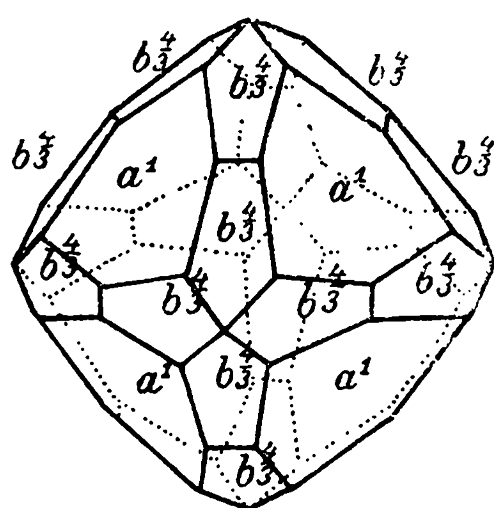


Рис. 28.
Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 10.

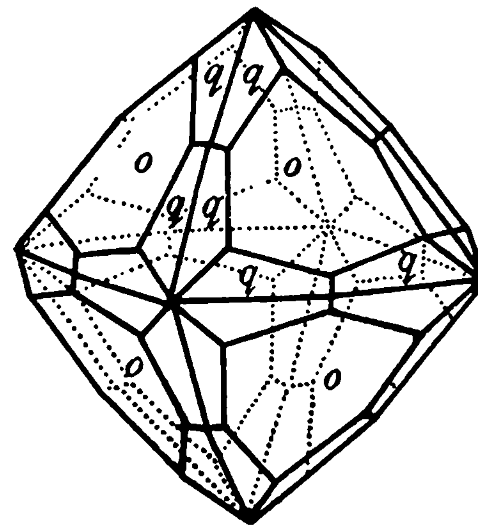


Рис. 29.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 4.

Вершинам холмиков травления на гранях (**d**) также соответствует полоса рефлексов на месте полосы (**C**), сходная с нею по внешнему виду. Эта полоса, одна из самых важ-

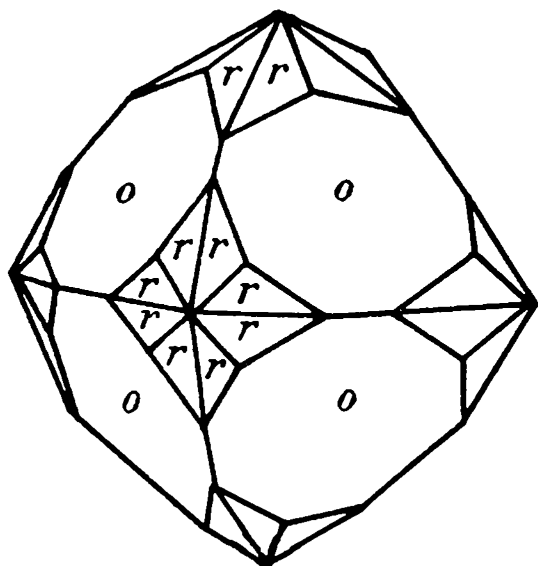


Рис. 30.
Presl. Miner. 1837, tab. 1, fig. 33.

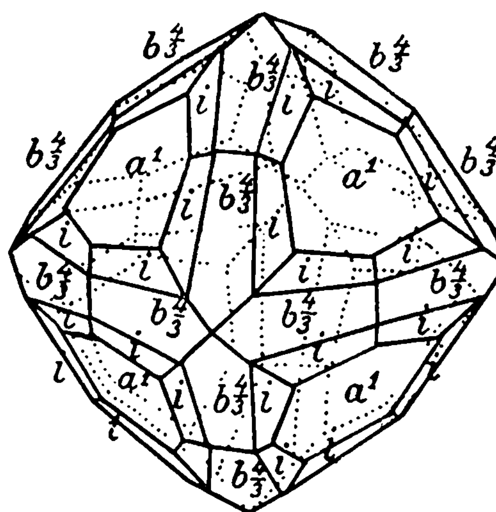


Рис. 31.
Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 14.

ных в алмазе, смыкается с полосою (**E**), расположенной между нею и полюсом, образуя замкнутую эллиптическую кривую — полосу (**CE**). На нашем кристалле она также наблюдается в связи с бугорками травления, но она такая бледная, что на рисунке мы ее игнорировали. (В отношении полос (**CE**) ср. крист. **26**).

На фиг. 46 табл. 6 схематически изображены световые полосы крист. **18** в перспективной проекции на грани додекаэдра. Здесь видна связь между световым рефлексом и поверхностью: как изогнутые, так и прямые полосы проходят перпендикулярно к ребрам октаэдра. Те же полосы в перспективной проекции на грани куба показаны на фиг. 55 табл. 8.

В литературе можно найти много изображений аналогичных образований с различными округлыми гранями. Некоторые из них приведены нами на рис. 27—31.

Кристалл 19. Табл. 9, фиг. 60.

Коллекция В. Гольдшмидта, Южная Африка. Вес 55 мг. Чистой воды, бесцветный.

Октаэдр с гладкими отражающими гранями, однако без треугольных углублений, описанных для крист. **18** (табл. 9, фиг. 61). Ребра октаэдра заменены изогнутыми краевыми гранями, так же как в крист. **18**; эти грани чрезвычайно узки и в середине ребер сужаются до линий. Грани октаэдра дают в картине световых рефлексов яркие точки, окруженные маленькими ореолами. Рефлексы, отвечающие узким изогнутым краевым граням, — бледные, в остальном такие же, как у крист. **18** (табл. 8, фиг. 54). В обоих случаях они отвечают явлениям растворения.

Кристалл 20.

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно (вероятно Южная Африка). Вес 20 мг. Просвечивающий, серый.

Поверхность сходна с крист. **18**, но с глубокими треугольными фигурами роста на гранях октаэдра. Эти ямки ограничены плоскими гранками, которые либо сходятся в глубине, образуя вершинку, либо притупляются плоской гранью октаэдра. Эти участки плоских граней дают однородные рефлексы, положение которых соответствует положению грани **q**.

Измерение показало:

$$\left.\begin{array}{ll}\varphi = 45°10', & \rho = 36°05' \\ 44°55' & 35°12'\end{array}\right\} \text{вычислено: } 45°00', 35°16'.$$

Уже в крист. **10** удалось установить $q = \frac{1}{2}(112)$. В данном кристалле эта форма так хорошо выражена и измерение ее настолько близко совпадает с теоретическими значениями, что можно считать $q = \frac{1}{2}(112)$ достоверно установленной типичной формой.

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **18** (табл. 8, фиг. 54), однако здесь хорошо развиты полосы [**B**]. В них выделяются точки **q**, так же как и в крист. **10**.

Кристалл 21. Табл. 8, фиг. 56—58; табл. 9, фиг. 63.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка. Вес 125 мг. Бесцветный до серого, мутный, слабо просвечивающий.

Сложная поверхность этого кристалла изображена на фиг. 63, где по возможности точно передан ее натуральный вид. В общем этот кристалл имеет форму о к т а э д р а с закругленными ребрами. Средние части граней образованы наложенными друг на друга пластинками, окружающими треугольные углубления с прямолинейными краями. Это — образования роста.

На месте ребер октаэдра наблюдаются округлые грани растворения (**d**), как у крист. **18** и **22**. В некоторых вершинах октаэдра от них протягиваются, через часть граней октаэдра, округлые пирамиды, ограниченные теми же округлыми гранями додекаэдра, образовавшимися в результате растворения.

Судя по этому, мы имеем в середине граней октаэдра о б р а з о в а н и я р о с т а, странным образом расположенные в глубине кристалла, а на ребрах — о б р а з о в а н и я р а с т в о р е н и я, причем они выступают на поверхности.

Таким образом, мы видим здесь тело *ро-ра* (роста и растворения). Это образование можно понимать так: прежде чем перейти в теперешнее состояние, кристалл имел форму,

подобную форме крист. **25** или **18**, так что перед началом растворения в углах граней октаэдра находились выступающие участки (довольно распространенное явление в алмазах, особенно в южноафриканских). Эти выступающие участки округлились под действием растворяющего потока, переливавшегося через ребра **d**, в то время как входящие внутренние части граней октаэдра не подвергались растворению; возможно даже, что доходивший сюда сбоку поток *растворения* превращался здесь в поток *роста*. Мы рассмотрим этот процесс подробнее при описании крист. **118** и **120**. Здесь следует только указать, что и в глубине высверленных потоками растворения кубиков (например крист. **41** и **42**) наблюдаются образования роста с характерными прямолинейными очертаниями и прямолинейными рефлексами, между тем как окружающие их выступающие части округлены растворением.

Неправильной поверхности соответствует, однако, исключительно правильная картина световых рефлексов (табл. 8, фиг. 56). Нужно подчеркнуть особо, что эта прекрасная проекция не схематизирована, а передана по возможности близко к действительности. Для ее получения было принято во внимание очень большое число характерных световых точек.

Фиг. 57 табл. 8 изображает те же самые световые полосы в проекции на грани додекаэдра; фиг. 58 — то же в проекции на грани куба. Эти рисунки должны уяснить соотношение между световыми полосами и ребрами. Черные буквы служат для обозначения связи отдельных световых полос.

Характерными для роста являются полосы [**D**] и [**B**], а также точки **p**. Они соответствуют пластинкам, ограниченным прямыми линиями, или треугольным фигурам роста соответственно. Весьма обычные для алмаза полосы (**D**) — бледные. Они соответствуют округлым ребрам октаэдра, и их нужно считать полосами растворения.

Сильно развитые полосы (**E**) делятся иногда на несколько (по большей части на три) смежных кривых, которые мы обозначим ($\mathbf{E}^1$), ($\mathbf{E}^2$) и ($\mathbf{E}^3$). Эти полосы переходят постепенно в полосы (**C**) и образуют вместе с ними более или менее круглые или вытянутые эллипсы. Таким эллиптическим закруглениям соответствуют на поверхности округлые конусы. Здесь они представлены округлыми поверхностями бугорков травления, которые не очень отчетливо проявляются в этом кристалле и наблюдаются только с трудом в областях (**d**).

Такого рода полосы (**CE**) характерны для ряда кристаллов гексаэдрического габитуса, особенно для бразильских алмазов, например для крист. **26**, **62**, **65**.

На некоторых кристаллах наблюдаются полосы (**C**), которым не сопутствуют полосы (**E**); тогда они соответствуют не бугоркам травления, а округлым конусам на полосе (ср. крист. **18**).

Кристалл 22. Табл. 9, фиг. 64.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка. Вес 10 мг. Чистой воды, бесцветный.

Похож на крист. **18** и **19**. Грани октаэдра плоские и блестящие, без треугольных фигур роста (табл. 9, фиг. 62). Здесь грани октаэдра заключены между широкими округлыми гранями додекаэдра (**d**). На последних виден перегиб (пограничная линия) в середине, а также тонкая штриховка, параллельная линиям, пограничным с гранями октаэдра. Эти пограничные линии отвечают ступенчатому расположению отступающих пластинок. Грани октаэдра относительно несколько уменьшились при образовании ступенчатости в процессе роста кристалла. Криволинейную штриховку на (**d**) с сопутствующими ей дугообразными полосами (**D**) в картине световых рефлексов нужно считать явлениями растворения. Но внутри дугообразных полос (**D**) проявляются прямолинейные полосы роста [**D**], которые протягиваются от **p** до **p** через **d**. Этим полосам соответствует еле заметная прямолинейная штриховка около **p**. Она яснее выражена на крист. **23**.

Крист. **22** следует рассматривать как образование *po-pa*, в котором рост проявляется в **p** при одновременном растворении в **d**. На границах **d** и **p** явления роста и растворения смешиваются как на поверхности, так и в картине световых рефлексов.

Полосы в картине световых рефлексов сходны с полосами крист. **18**. Только короткие полосы [**B**] несколько сильнее развиты в крист. **22**.

Кристалл 23. Табл. 9, фиг. 66.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бухта Людеритц, Юго-западная Африка. Вес 40 мг. Чистой воды, прозрачный, с легким желтоватым оттенком.

Этот кристалл представляет собою еще один член ряда, образуемого крист. **18**, **19** и **22**, в том отношении, что грани октаэдра здесь еще сильнее вытеснены новообразованными ложными гранями додекаэдра, так что от них почти ничего не осталось.

Грани **p** гладкие и блестящие. Грани (**d**) образуют перегиб на правильной поперечной пограничной линии; они покрыты тонкой штриховкой, параллельной длинной диагонали. Ближе к середине граней (**d**) эта штриховка становится всё тоньше и тоньше, почти до полного исчезновения; чем ближе к граням **p**, тем резче становится штриховка.

В непосредственной близости от граней **p** и в пределах этих граней ясно видны пластинки, образующие штриховку (ср. рис. 33). Одна вершина к р и с т а л л а притуплена приблизительно так же, как в крист. **43**, небольшим неправильным кубическим углублением высверливания. На фиг. 66 табл. 9 эта вершинка расположена позади, и поэтому она не видна.

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **18**. Полосы [**D**] и (**D**) проявляются резко. Первые соответствуют образованиям роста, которые наблюдаются поблизости от граней **p**, на округлых гранях **d**, в виде блестящих полос с тончайшей штриховкой в зоне **pdp**.

Таким образом, картина здесь в основном та же, как в крист. **22**. Разница заключается в развитии средних частей граней (**d**). В крист. **23**, по обе стороны пограничной линии,

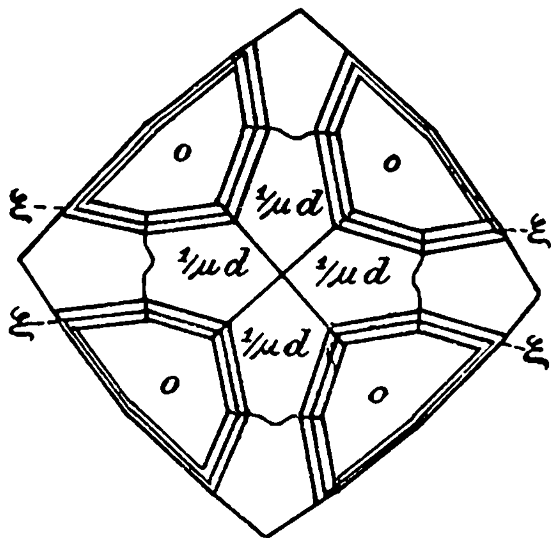


Рис. 32.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 4, Fig. 42.

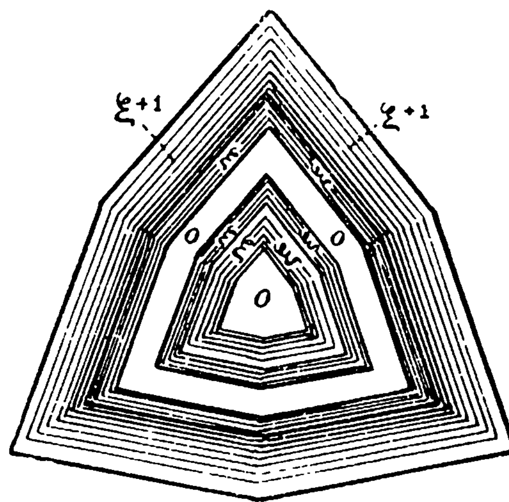


Рис. 33.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 4, Fig. 39.

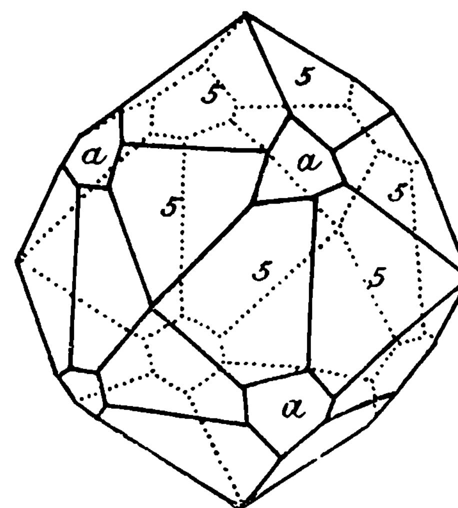


Рис. 34.
Bernhardi, Gehlen. Journ., 1810, 9, Tab. 2, Fig. 2;
$5 = \frac{5}{9}0$.

наблюдаются небольшие возвышенные участки. Эти участки важны в генетическом отношении, так как нужно полагать, что они образовались вследствие задержки обоих потоков **c**,

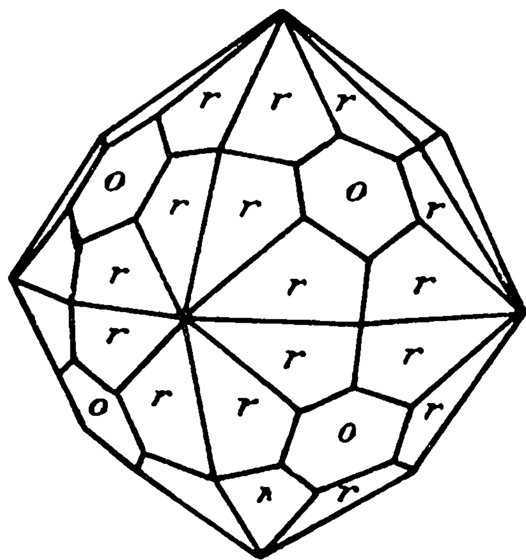


Рис. 35.
Presl. Miner. 1837, tab. 2, fig. 62.

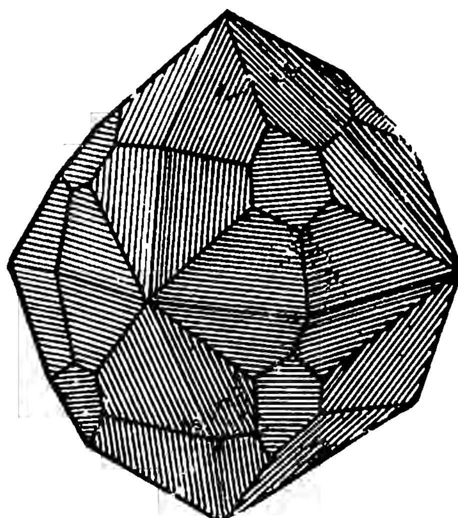


Рис. 36.
Bournon. Cat. 1815, tab. 3, fig. 56.

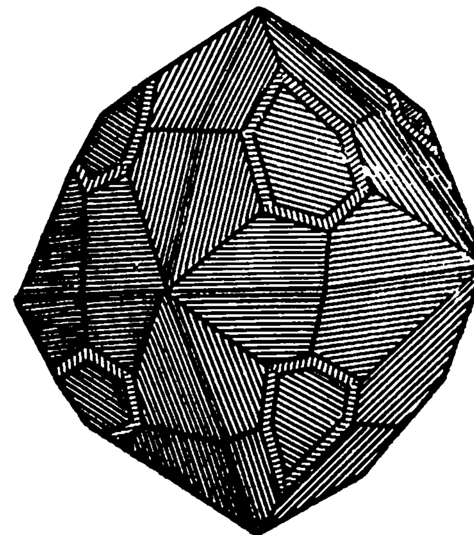


Рис. 37.
Bournon. Cat. 1815, tab. 3, fig. 57.

которые сталкивались на пограничной линии. Еще сильнее эти возвышенные участки проявляются в крист. **28**.

Генетически крист. **23**, подобно крист. **22**, нужно рассматривать как результат роста **p**, при одновременном рас-

творении **d**. На границах **p** и **d** явления роста и растворения смешиваются как на поверхности, так и в рефлексе.

На рис. 32—37 — изображения таких же кристаллов, заимствованные из трудов предшествующих авторов.

Кристалл 24. Табл. 8, фиг. 59; табл. 9, фиг. 67.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 135 мг. Прозрачный, темнобурого цвета.

Октаэдр с гранями (**d**), закругляющимися у ребер так же, как в крист. **22** и **23**. Гладкая блестящая поверхность октаэдра изобилует изящными, четко выраженными углублениями фигур роста, которые образуют скопления в серединах граней. Кроме обычных треугольных фигур, имеются еще и шестисторонние, показанные в несколько схематизированном виде на фиг. 67 табл. 9.

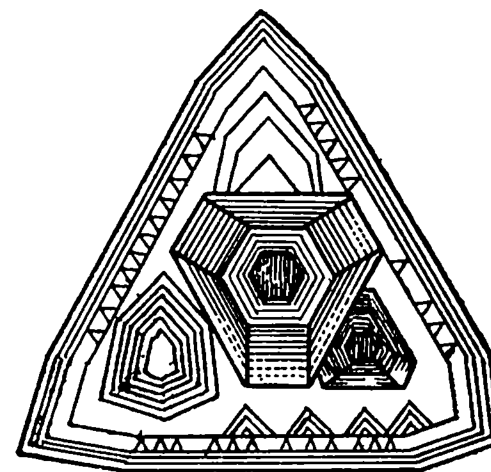


Рис. 38.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 4, Fig. 40.

Боковые стенки этих фигур имеют штриховку, параллельную ребрам; эта штриховка обусловлена наложенными друг на друга октаэдрическими пластинками. Внизу фигурки заканчиваются острой вершинкой или плоским октаэдром.

Такие фигурки видны также на схематическом рис. 38, который воспроизводится по работе Розе—Задебека.

Картина световых рефлексов, соответствующая этим фигуркам, представлена на фиг. 59 табл. 8; она увеличена в 2 раза (в положении октанта I проекции на грань куба). Шестиконечная звезда состоит из полос [**D**] и [**B**]; в середине ее находится яркая точка **p**, окруженная ореолом. Необычным и достойным внимания является то обстоятельство, что здесь полосы [**B**] связаны с полосами [**D**] двумя яркими дугами. Эти соединительные дуги соответствуют постепенному переходу между шестью сторонами фигурки.

Грани октаэдра и их ямки являются образованиями роста, между тем как закругление ребер октаэдра нужно рассматривать как образование растворения.

Кристалл 25. Табл. 10, фиг. 71, 73, 74.

Коллекция Г. Зелигмана. Южная Африка. Вес 50 мг. Чистой воды, прозрачный.

Прекрасно выраженные октаэдры со слегка закругленными ребрами. Поверхность однсй из восьми одинаковых граней октаэдра изображена на фиг. 74 по возможности точно. Три неглубокие впадинки, проходящие от середины граней к середине ребер, где они сходятся с впадинками соседних граней, делят каждую грань октаэдра на три немного выпуклых ровных поля, которые заканчиваются в вершинах октаэдра. Таким образом кристалл делится на шесть отдельных частей (фиг. 71). Во впадинках находятся прямолинейные треугольные углубления, ограниченные пластинками с острыми краями (как в крист. **18**); их особенно много в середине граней октаэдра. Это — образования роста. Округлые ребра являются, наоборот, образованиями растворения. Таким образом, мы снова видим здесь тело *ро-ра*.

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **18**. Только полосы (**C**) — бледнее, а полосы [**D**] — ярче.

2. Кристаллы, в которых додекаэдр является господствующей формой

Крист. **26—35**

Эти кристаллы соответствуют наиболее ярко выраженным членам, вернее конечным членам нашего важнейшего переходного ряда. Под конечными членами ряда растворения (конечными телами) мы понимаем такие образования, которые

уже не изменяются при дальнейшем растворении, а только уменьшаются в объеме.[1]

Для этих кристаллов выводы об исходном теле сомнительны, так как, повидимому, бóльшая часть образований растворения в алмазе стремится к таким конечным телам.

В кристаллах этого рода почти всегда проявляется грубая или тонкая пластинчатость, обусловленная полисинтетическим двойникованием, как правило, по нескольким плоскостям октаэдра (крист. **26**, **32**, **33**). Это доказывает, что такие кристаллы алмаза нужно рассматривать как сложные шпинелевые двойники. То же явление наблюдается в цинковой обманке.[2]

Образования этого ряда встречаются чаще всего. Они присутствуют во всех месторождениях, но в каждом имеют свои характерные особенности. Наиболее хороши эти образования из Юго-западной Африки. Там находятся блестящие округлые додекаэдры с резко выраженными ребрами и тонкой, еле заметной штриховкой по длинной диагонали, которая становится более отчетливой вблизи от **p**. Форма кристаллов этого ряда, расположение ребер, пограничных линий и акцессорий столь разнообразны, что в наших рисунках мы можем дать только отдельные типичные примеры.

Кристалл 26. Табл. 10, фиг. 68—70, 72.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 65 мг. Прозрачный, с легким фиолетовым оттенком.

Общая форма соответствует округлому додекаэдру. Она усложнена полисинтетическими пластинчатыми двойниками,

---

[1] Ср.: Goldschmidt u. Wright, N. Jahrb. Miner., 1904, Beil. Bd. **18**, 343. Такое конечное тело имеет в виду Г. Розе (G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, 530), говоря об алмазе, изменившемся при сжигании. Он пишет: „Совершенно округлый додекаэдр с гладкой и блестящей поверхностью сохранял свои форму, цвет и прозрачность даже тогда, когда объем его при сгорании уменьшился наполовину“.

[2] P. Hochschild, N. Jahrb. Miner., 1908, Beil. Bd. **26**, 153; ср.: G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, 530.

пластинки которых идут в трех направлениях. Эти пластинки обнаруживаются обычно только при травлении.

Грани додекаэдра левого октанта на фиг. 70 табл. 10 свободны от проступающих пластинок. Наоборот, они характеризуются хорошо развитыми бугорками травления, которые покрывают их целиком.

На фиг. 72 табл. 10 показана часть одной из этих граней, покрытых бугорками, зарисованная по возможности точно под микроскопом.

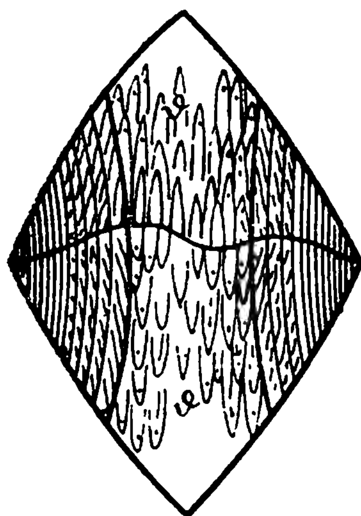


Рис. 39.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 4, Fig. 44.

Рис. 39, изображающий аналогичную грань, воспроизводим по Розе—Задебеку.

На фиг. 69 табл. 10 дана картина проекции, отвечающая двум таким граням. Она составляет часть картины проекции фиг. 68, соответствующей верхней половине кристалла. Здесь перекрываются рефлексы, принадлежащие разным частям поверхности кристалла. Так, например, картина рефлексов фиг. 69 перекрывается в $\mathbf{p}^3$ яркой трехконечной звездой полос **[D]**, которая соответствует образованиям роста на границе пластинок полисинтетических двойников. Если изолировать грань додекаэдра вокруг $\mathbf{p}^3$ при помощи экрана, то эта звезда исчезает и остается только картина световых рефлексов, изображенная на фиг. 69. Здесь уместно рассмотреть подробнее связь между картиной световых рефлексов и бугорками травления.

Мы уже видели (крист. **18**), что полоса **(C)** соответствует конусообразной округлой поверхности вокруг полюса. Однако та же самая полоса **(C)** в соединении с **(E)** соответствует бугоркам травления. Это происходит следующим образом. Бугорки травления представляют собою эллипсообразно вытянутые округлые конусы; гребни этих конусов плоские или они имеют слабо выраженное продольное ребро.

Каждая коническая поверхность дает рефлекс в виде круглого или эллиптического светового кольца. Если конус имеет меняющийся наклон, то в картине световых рефлексов ему соответствует не одно кольцо, а целый ряд колец с общим центром. При постоянном изменении наклона ряд колец сливается в широкую кольцеобразную полосу. Такую полосу мы видим на фиг. 69, на которой отдельные дуги поля (**CE**) сливаются в широкую световую полосу, имеющую форму эллипса. (Ср. табл. 3, фиг. 15—18).

Ширина полосы (**CE**) зависит не только от изменений в наклоне сторон отдельных холмиков травления, но также и от того, что получается совместный рефлекс от многих холмиков одинаковой формы, имеющих одинаковое расположение, но разный наклон. Своеобразие рефлексов (**CE**) со светлой точкой в середине отвечает постоянной округлости бугорков, не имеющих острых гребней. Такой гребень дал бы темное место в световой полосе (**CE**).

Угловое расстояние между центрами двух полос (**CE**), смежных с **d**, соответствует среднему наклону между двумя гранями кажущегося пирамидального куба, которые получаются при разделении ложной грани додекаэдра пограничной линией. (Ср. крист. **27**, **29**). Световые поля (**CE**) переходят по сторонам в укороченные полосы (**D**), направленные в сторону **p**, до которого они не доходят.

Образования октанта II воспроизведены по возможности точно на фиг. 70 табл. 10. Слева видна грань додекаэдра, расположенная между $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^3$, покрытая вышеописанными бугорками травления. Справа от нее находятся еще две грани **d**, прорезанные множеством пластинок полисинтетических двойников (с плоскостью двойникования по $\mathbf{p}^3$), которые совершенно изменили эти грани. В области полисинтетических двойников наблюдаются только следы явлений растворения, но зато здесь видна сложная штриховка на границах двойников. В середине видна большая грань $\mathbf{p}^2$, состоящая из пластинок. Это — образования роста. Они интересны с точки зрения генезиса,

потому что на них видно, как двойникование, одновременно притягивающее и задерживающее растворяющий поток, благоприятствует росту во входящих углах. В дальнейшем мы увидим аналогичное явление и в других двойниках.

Картина световых рефлексов на фиг. 68 табл. 10 чрезвычайно интересна. Она делится по диагонали на две разнородные половины. Одна расположена вокруг $\mathbf{p}^3$, и в ней видны прекрасные эллиптические поля (**CE**) с продолжениями (**D**). На другой половине, вокруг $\mathbf{p}^1$, наблюдаются полосы растворения (**D**), (**B**), (**A**), усиленные и вытянутые под действием роста на границе двойников. Кроме того, здесь имеются совершенно своеобразные пограничные образования с характерными световыми полосами **ABCDEF**, примыкающими к разным зонам и узлам.

Это усиление, растяжение и слияние рефлексов чрезвычайно важно. Оно характеризует образования на границе двойников.

В картине проекции видны, кроме того, прямолинейные полосы роста и яркие узловые точки в $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^3$, $\mathbf{p}^4$. Они отсутствуют в $\mathbf{p}^1$.

Это — сложная, хотя и благодарная задача — проследить (с помощью экрана на гониометре), какому участку поверхности соответствует каждый данный рефлекс в пограничной области, и обосновать его генетически и формально. Для этого требуется тщательное изучение, которое можно выполнить в настоящее время только частично.

Картина рефлексов становится более понятной, если сравнить ее с картиной световых рефлексов крист. **109** (табл. 33, фиг. 225, 226).

В двойниках с плоскостью двойникования $\mathbf{p}^3$ грань другого индивида, соответствующая $\mathbf{p}^1$, приходится на место $\mathbf{l}^1 = \frac{1}{5}$ (115), как это видно на фиг. 226. Эта грань существенно влияет на характер поверхности и рефлекса для плоскости двойникования простых, полисинтетических и сложных двойников.

Кристалл 27. Табл. 11, фиг. 75; табл. 12, фиг. 81.

Коллекция В. Гольдшмидта. Провинция Байя (Бразилия). Вес 70 мг. Желтовато-бурый, прозрачный.

Этот кристалл является конечным членом ряда, образуемого крист. **18**, **19**, **21**, **22**, **27**, в том смысле, что округлые грани додекаэдра получают наибольшее распространение, до полного вытеснения граней октаэдра. Крист. **27** имеет вид округлого додекаэдра, грани которого разделены пограничной линией. Грани исштрихованы в направлении длинной диагонали и покрыты холмиками травления, вершинки которых направлены в сторону полюса. На пограничной линии холмики травления сталкиваются основаниями. Они делят грань додекаэдра на две грани пирамидального куба.

Когда рефлекс состоит только из полос (**D**) и поверхность кристалла гладкая, то величина угла двух пирамидальных кубов соответствует приближенно расстоянию между двумя разветвлениями (**D**) в точке **d**. Но если грани покрыты бугорками травления, то каждому холмику соответствует эллиптическая полоса (**CE**), середина которой отвечает приблизительно средней, слегка изогнутой, части бугорка травления.

Эти части бугорков травления образуют в совокупности почти плоскость и представляют средний наклон грани (пирамидального куба), на которой они расположены. В этом случае угол обеих кажущихся граней пирамидального куба определяется расстоянием между серединами эллиптических полос (**CE**).

В начальных стадиях растворения величина этого угла незначительна, так что разделение на два разветвления мало выражено (пример: крист. **6**). Этот угол увеличивается по мере развития процесса. В алмазах из Бразилии и из Южной Африки он достигает максимальной величины около 20°. В индийских алмазах он бывает еще больше, и кристалл становится похожим на округлый пирамидальный куб.

Впрочем, величина этого угла может зависеть не только от хода растворения, но и от формы исходного тела.

Картина световых рефлексов мало отличается от картины крист. **18**. Точки октаэдра пропали, полосы [**D**] слегка

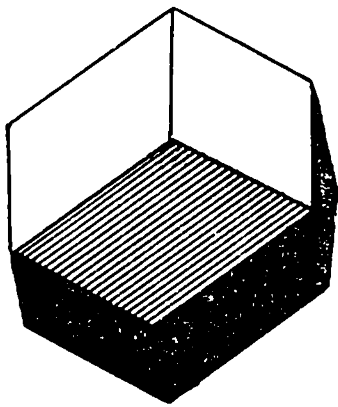


Рис. 40.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, 4, tab. 4, fig. 105.

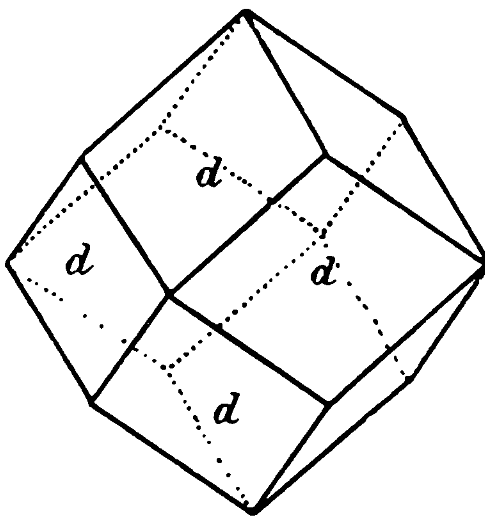


Рис. 41.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 5.

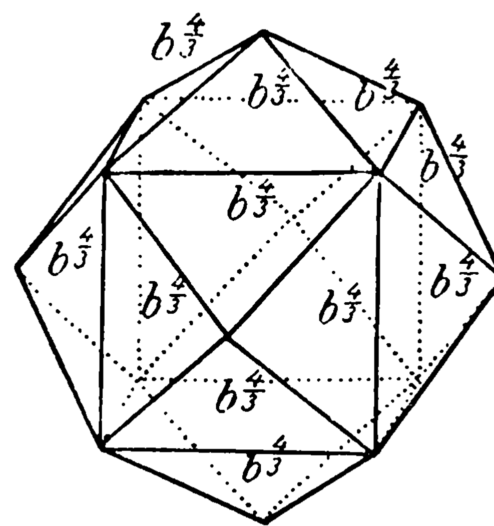


Рис. 42.
Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 5.

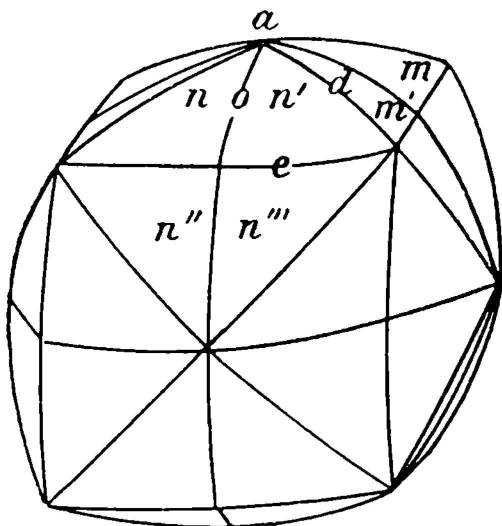


Рис. 43.
A. Scacchi, Mem. Ac. Torino, 1862 (2), 21, tab. 4, fig. 87.

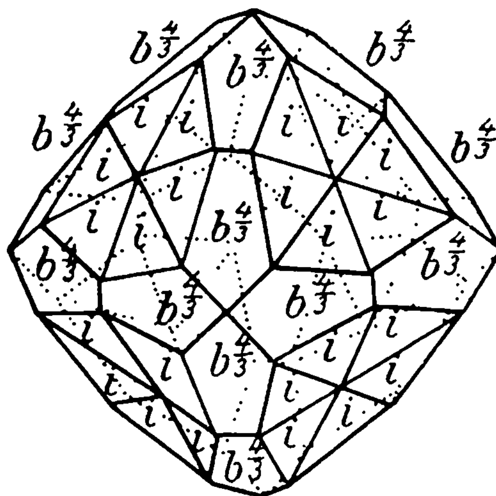


Рис. 44.
Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 11.

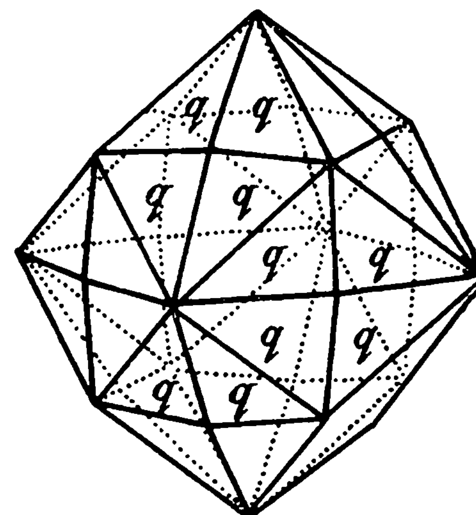


Рис. 45.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 1.

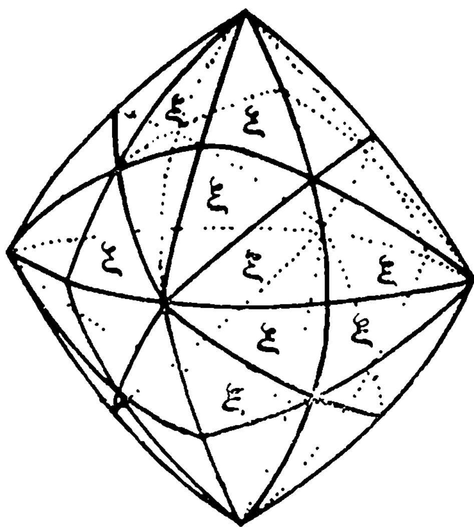


Рис. 46.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 2

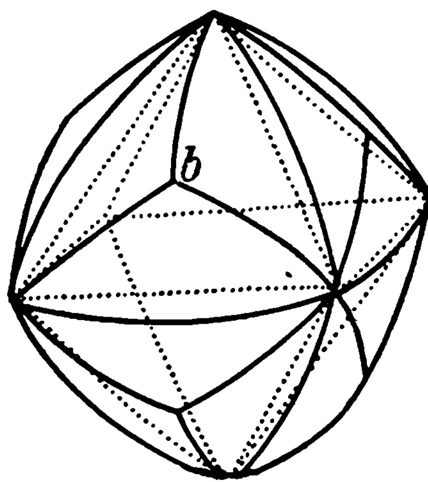


Рис. 47.
L. Borsi, Brugniatelli, Pavia, 1817, 10, tab. 3, fig. 3.

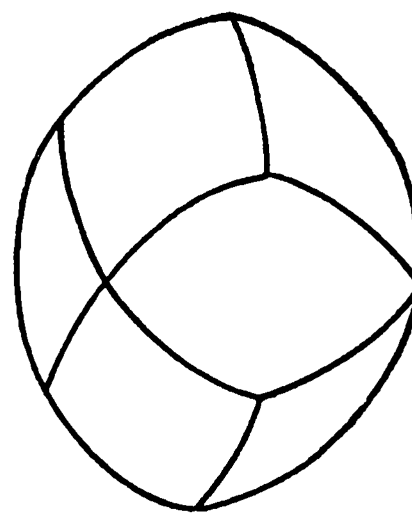
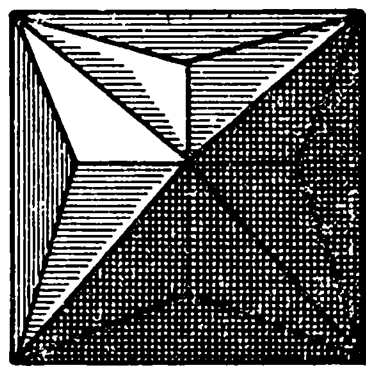
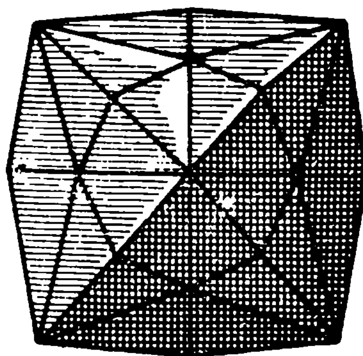


Рис. 48.
Bournon. Cat. 1815, tab. 1, fig. 11.

намечаются только в одном углу. Эллиптические полосы (**CE**), замкнутые в крист. **18,** изменены в крист. **27** в широкие светлые поля, расплывающиеся в направлении **c**.





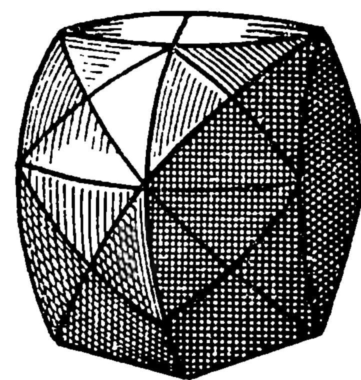


Рис. 49. Рис. 50. Рис. 51.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, **4,** tab. 3, fig. 17, 18; tab. 4, fig. 65.

Если оставить без внимания бледные точки **p** и полосу **[D]** в одном квадранте, то можно рассматривать крист. **27** как чистое образование растворения.

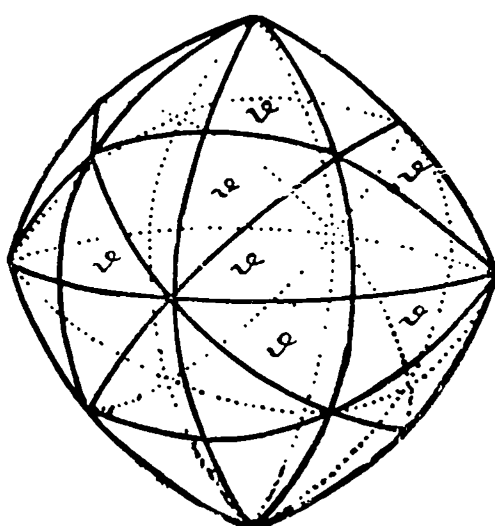


Рис. 52.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 8.

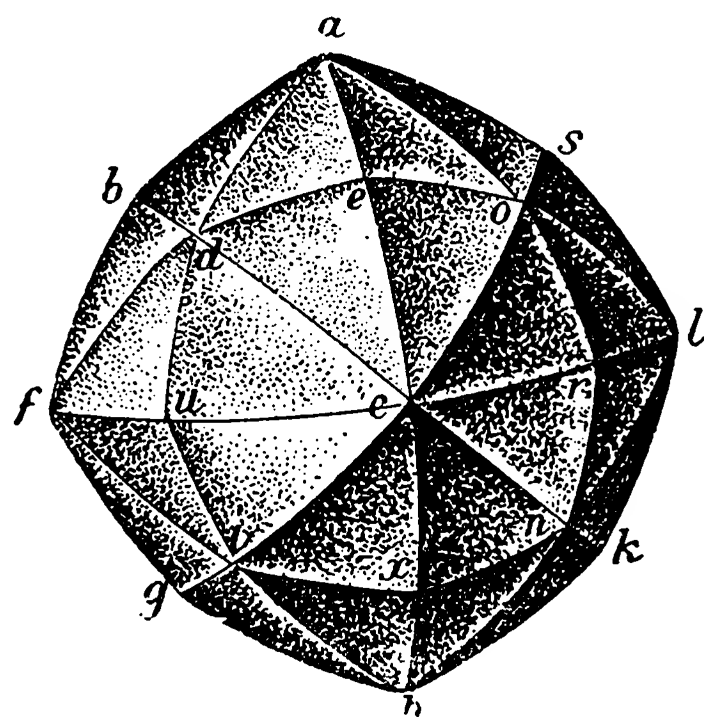


Рис. 53.
Haüy. Miner. 1823, tab. 120, fig. 345.

Иллюстрациями к этому ряду служат рис. 40—53, заимствованные у предшествующих авторов.

Кристалл 28. Табл. 12, фиг. 82.

Собственность Естественно-исторического придворного музея в Вене (А, а. 2990). Чита де Диамантина, Серро до Фрио (Бразилия). Вес 110 мг. Чистой воды, прозрачный.

Очень своеобразный кристалл, в строении поверхности которого исключительно наглядно проявляется чередование процессов роста и растворения.

Эта форма представляет собою комбинацию **p** и (**d**). На гранях (**d**) наблюдаются необычайно большие бугорки травления, особенно в середине и по обе стороны косых пограничных линий. Они исчезают ближе к полюсам, и на месте их появляется почти прямолинейная штриховка, параллельная длинной диагонали, образуемая ребрами октаэдрических пластинок. Эта штриховка распространяется во многих случаях и на бугорки травления, где она представлена очень тонкими линиями. Грани октаэдра, имеющие идеальную форму и дающие одиночный рефлекс, являются настоящими образованиями роста, резко отграниченными от граней (**d**) с их бугорками травления. Прямолинейная штриховка — также образование роста, между тем как бугорки травления — образования растворения.

Рефлекс, сходный с рефлексом крист. **18**, представлен яркими световыми точками **p**, резко выраженными полосами [**D**] и расплывчатыми полосами (**D**). Полосы роста [**D**] выделяются очень ярко, и интересно то, что повсюду на гранях (**d**) и даже на холмиках травления можно найти образования, которые дают полосы роста [**D**].

Пользуясь этими данными, можно установить следующую историю поверхности.

После того как в результате растворения возникло некоторое образование с гранями (**d**) и бугорками травления, наряду с остатками граней октаэдра (приблизительно как в крист. **22**), снова возобновился рост. Благодаря росту грани октаэдра стали идеально плоскими и окончания гра-

ней (**d**) получили продолжение в направлении полюса в виде октаэдрических пластинок, в результате чего снова заострились углы, притупленные растворением. Эта регенерация лишь слабо отозвалась на высоких бугорках в середине, однако начало ее проявилось в тонкой штриховке роста на гребнях этих бугорков.

Здесь мы имеем образование роста на кристалле, испытавшем частичное растворение, существенными остаточными проявлениями которого являются бугорки. В таком смысле нужно понимать и картину световых рефлексов.

Аналогичным образованием является также кристалл, находящийся в Институте минералогии и петрографии Венского университета, который был любезно предоставлен нам проф. Ф. Бекке для сравнительного исследования.

Кристалл 29. Табл. 11, фиг. 76, 77; табл. 12, фиг. 83.

Коллекция В. Гольдшмидта. Провинция Байя (Бразилия). Вес 15 мг. На поверхности слегка зеленоватый, просвечивающий.

Округлый додекаэдр, сходный с крист. **27**. Блестящие грани без резко выраженной скульптуры; однако наблюдается штриховка, пересекающая округлые желобки и складки, вытянутые в направлении длинной диагонали. Пограничная линия расплывчатая и не такая отчетливая, как в крист. **27**.

Гномоническая картина световых рефлексов (фиг. 76) очень проста; здесь отсутствуют все признаки явлений роста, не видны даже точки **p**. Полосы (**D**) имеют сильную двоякую выпуклость; к середине они становятся ярче и шире; эти полосы короткие, и заканчиваются они далеко от точек **p**. Кроме того, наблюдаются еще полосы (**L**), имеющие вид паутины; они протягиваются в виде неправильных линий от одного разветвления полос (**D**) к другому. Полосы (**D**) соответствуют округлой поверхности додекаэдра, пограничная линия которого делит полосу на два разветвления.

Полосы (**L**) означают, наоборот, что пограничная линия слабо выражена и заменяется местами неправильно округлым,

волнистым, блестящим участком грани, за счет которого нужно отнести рефлексы, похожие на паутину.

На фиг. 77 изображена та же самая картина световых рефлексов в проекции на грань додекаэдра.

Разница между крист. **27** и **29** выясняется при сравнении проекции (табл. 11, фиг. 75 и 76); она объясняется смывающим действием начавшегося растворения.

Кристалл 30. Табл. 11, фиг. 78; табл. 12, фиг. 84.

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно. Вес 15 мг. Просвечивающий, мутный, серый.

В одной партии борта находилось большое число кристалликов неправильной формы, соответствующих по облику данному кристаллу.

Ориентировка на гониометре не представляет затруднений, несмотря на неправильную форму образцов, благодаря бугоркам травления, образующим ряды, соответствующие штриховке, которые всегда параллельны длинной диагонали додекаэдра и перпендикулярны к пограничным линиям, проходящим вкось по граням додекаэдра и делящим их на две части. Особенно легко производить ориентировку, пользуясь картиной световых рефлексов (фиг. 78), поскольку пара полос (**D**) и (**CE**) заключает между собою место отсутствующей точки додекаэдра и пустой зональной области **pdp**.

Картина световых рефлексов состоит в основном из расплывчатых, но ярких полос (**CE**), которые совпадают со средними отрезками полос (**D**). Признаки роста на наблюдаются.

Кристалл 31. Табл. 11, фиг. 79; табл. 12, фиг. 85.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 10 мг. Чистой воды, прозрачный.

Додекаэдр с округлыми ребрами; округлые грани волнообразно изогнуты, они очень блестящие, как бы „зализанные“. Такой внешний вид указывает на начало растворения,

при котором первоначальные бугорки травления округлились, выровнялись и растворились полностью. В нашем крист. **31** пограничные линии также смыты, так что от них сохранились только слабо выраженные перегибы.

Интересно сравнить этот кристалл с крист. **27**, **29** и **32**. Они образуют ряд с прогрессирующим растворением. Это особенно ясно выражено в гномонической картине световых рефлексов. В крист. **27** полосы (**D**) слегка изогнуты и почти доходят до **p**. Полосы (**C**) еще отделяются от них совершенно отчетливо. В крист. **29**, **30** и **32** полосы (**D**) становятся всё короче и всё шире. Полосы (**C**) сливаются с ними. В крист. **29** (фиг. 76) начинается выполнение зон [**D**] паутиной тонких световых нитей, отвечающих начинающемуся сглаживанию. В „зализанном“ крист. **31** эта паутина перекрывает середину полосы в точке **d**; здесь начинается переход к замкнутому световому пятну с образованием настоящей грани **d**. (Ср. картины световых рефлексов крист. **34** и **40**).

Ориентировка такого кристалла на гониометре затруднена в связи с отсутствием определенных точек и полос. Тем не менее, тот, кто хорошо знаком с полосами алмаза, может произвести ориентировку по световым пятнам, так что в картине световых рефлексов будет представлено характерное распределение световых полей.

Кристалл 32. Табл. 11, фиг. 80; табл. 12, фиг. 86.

Коллекция А. Ферсмана. Бразилия. Вес 50 мг. Прозрачный, буроватый, с блеском, переходящим в „металлический“ (по определению ювелиров).

Образование растворения исключительно правильной формы; округлый додекаэдр с обычными пограничными линиями. Общая форма приближается к шару, но ребра и пограничные линии резкие. Бугорки травления размыты, так что от них остались только плоские основания. Они придают кристаллу слабую штриховку в направлении длинной диагонали додекаэдра.

Кроме того, поверхность покрыта сетчатым узором, образованным множеством полисинтетических двойников, пластинки которых параллельны четырем парам октаэдрических граней, так что кристалл имеет вид тонкопластинчатого сложного полисинтетического двойника. Эти пластинки выступают вследствие травления. Подобные образования очень обычны, можно даже полагать, что бо́льшая часть алмазов изобилует такими пластинками. Аналогичное явление наблюдается в цинковой обманке. Грубую аналогию представляет метеорное железо с его пластинками и фигурами травления Видманштеттена.

Картина световых рефлексов (фиг. 80) подобна таковой крист. **29**. Она яркая, но расплывчатая и состоит из эллиптических полос (**CE**), представленных отдельными точками и сливающихся со средними участками полос (**D**).

Это типичная картина образований растворения. На месте главных узлов **p** и **c** и главных полос [**D**], [**B**] находятся пустые пространства вокруг точек и вокруг зон.

Полным контрастом является картина световых рефлексов чистого образования роста, как, например, крист. **13**. Если наложим фиг. 41 (табл. 6) на фиг. 80, то пустые места заполнятся и мы получим гномоническую проекцию промежуточного образования (тела *po-pa*), как, например, на фиг. 137 табл. 20, а в натуре такое образование воплощено в крист. **65** (ср. схематические фиг. 4—6 табл. 2).

Пластинки полисинтетических двойников крист. **32** настолько тонки, что рефлекс для них не устанавливается.

Кристалл 33. Табл. 12, фиг. 87.

Коллекция Г. Зелигмана. Байя (Бразилия). Вес 165 мг. Бурый, блестящий.

Это оригинал того кристалла, к которому относятся рисунок и описание Розе—Задебека (наш рис. 54). В целях сравнения, кристалл на фиг. 87 табл. 12 был зарисован в таком же положении, как у Розе—Задебека.

Крист. **33** сходен с крист. **32**, но пластинки полисинтетических двойников в нем крупнее. Выступающие таблички округлены растворением, что мы пытались изобразить наглядно на нашем рисунке.

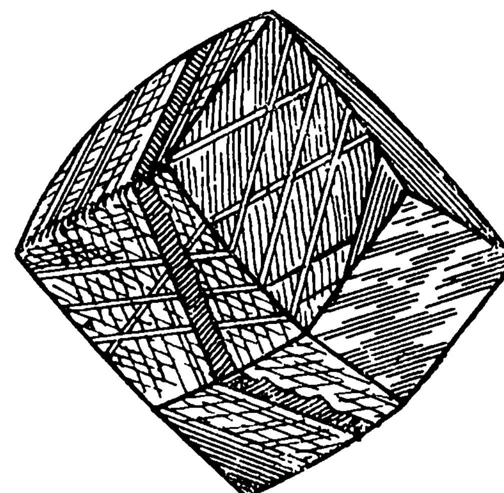


Рис. 54.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak Berlin, 1876, Taf. 2, Fig. 24.

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **32**, только здесь добавляются точечные полосы (**F**), которые соответствуют образованиям на границе двойников. На некоторых пластинках видны, кроме того, бледные полосы (**D**), отвечающие округлению табличек, ориентировка которых указывает на двойникование по трем граням октаэдра.

Более детальное описание образований на границе двойников и соответствующих им световых рефлексов дано далее, при описании крист. **108—124**.

Кристалл 34. Табл. 13, фиг. 88; табл. 14, фиг. 94.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бухта Людеритц (Юго-западная Африка). Вес 35 мг. Чистой воды, прозрачный, бледножелтый.

Слегка округлый додекаэдр с блестящей поверхностью. Грани немного выпуклые, с легкой волнистой штриховкой, параллельной длинной диагонали. Ребра додекаэдра резко выражены, местами слегка закруглены. Пограничная линия редко находится на середине граней (**d**); гораздо чаще она сдвинута в направлении полюса; на двух гранях она проходит даже через полюс и таким образом практически отсутствует. Этим определяется довольно точно характер пограничной линии двух противоположных потоков, которая сдвигается в зависимости от относительной силы обоих потоков. Ср. схематический рис. 6 (стр. 82). Ребра додекаэдра не всегда сходятся точно в точках **c**.

Бесчисленное множество двойниковых пластинок пересекает кристалл в двух направлениях. На поверхности они

имеют вид полос, состоящих из параллельных пучков линий, настолько тонких, что их можно разглядеть только при увеличении. Изобразить их на рисунке невозможно.

Картина световых рефлексов сходна с картиной крист. **32** и состоит из точечных световых полей (**CE**). Однако здесь они менее распространены и объединяются попарно, образуя световые пятна по обе стороны точек **d**.

Там, где на одной грани (**d**) отсутствует пограничная линия и, следовательно, эта грань не делится на две гранки, в картине световых рефлексов также отсутствует одно из двух световых пятен. Это особенно бросается в глаза в правой части проекции на фиг. 88. Между некоторыми парами световых пятен замечается тонкая световая перемычка в **d**.

Здесь следует указать на сходство и различия между крист. **34** и **32**. Крист. **34** приближается к додекаэдру с плоскими гранями, а крист. **32**, наоборот, — к шарообразной форме. Это различие находит свое выражение в картине световых рефлексов: крист. **32** дает большие и распространенные световые поля, что соответствует приближению к шару; картина световых рефлексов крист. **34** (табл. 13, фиг. 88) состоит из тех же самых световых полей (**CE**), однако здесь они сгущаются и сливаются, образуя по два пятна, в соответствии с плоскостями додекаэдра, разделенными на две почти плоские гранки.

Здесь мы видим одну из конечных форм, к которым стремятся тела растворения. Первоначальная форма последних не поддается определению, так как они произошли из разных исходных тел.

Кристалл 35. Табл. 14, фиг. 95.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бразилия. Вес 30 мг. Чистой воды, бесцветный.

Весьма округленный, блестящий шаровидный кристалл с „зализанной“ и неправильной поверхностью. В нем намечаются еще слегка ребра октаэдра. Пограничные линии от-

сутствуют. В области некоторых граней додекаэдра замечаются остатки легкой волнистой штриховки, продольное направление которой следует длинной диагонали.

Характер этого кристалла указывает на стадию интенсивного растворения, возможно, даже на конечное тело, исходная форма которого не поддается, однако, точному определению. Крист. **35** похож на крист. **80**, хотя поверхность и световые рефлексы последнего указывают на гемиэдрию.

Картина световых рефлексов напоминает картину крист. **31**. Однако она ярче и световые поля шире; пустые пространства между световыми полями пересекаются неправильной сетью световых линий, еще более частой, чем в крист. **31**.

В. Переходный ряд от октаэдра к додекаэдру с различными образованиями на вершинах куба

Крист. **36—45**

Этот ряд генетически не однороден. Образования на вершинах куба неодинакового происхождения: первичные грани **c** с различными фигурами травления, ложные грани, состоящие из вершинок, ямки высверливания с регенерацией или без нее. Сюда причислены все кристаллы, имеющие притупления или ямки на вершинах **c**, независимо от относительного развития **c**.

В вершинах октаэдра **c** наблюдаются следующие образования: 1) первичные грани **c**, частью гладкие, частью с признаками травления или округленные растворением (пример: крист. **40**); 2) ложные грани [**c**], состоящие из острых вершинок октаэдров (пример: крист. **38**); 3) ложные грани (**c**), образовавшиеся в результате слияния ямок травления или бугорков травления (примеры: крист. **36, 37**); 4) ямки в **c**, образовавшиеся под действием высверливающих растворов, иногда очень глубокие (примеры: крист. **43, 44**);

5) ямки в **c**, с острыми новообразованиями, которые являются результатом регенерации по граням **p**, в зоне **cp**, в глубине и по краям (примеры: крист. **41**, **42**).

Когда **c** и его ложные грани становятся очень большими и господствующими, этот ряд переходит в следующий.

Кристалл 36. Табл. 14, фиг. 96.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бухта Людеритц, Юго-западная Африка. Вес 40 мг. Чистой воды, прозрачный.

Блестящий кристалл додекаэдрического облика. Бугорки травления на гранях **d** слились в образования, имеющие вид наростов. Глубокие надпилы между этими бугорками травления создают грубую штриховку по длинной диагонали. Пограничная линия отчетливо видна, она неправильная, изломанная; ее изгибы здесь шире, чем на всех других исследованных нами кристаллах, и напоминают лопастную линию аммонитов.

Весьма своеобразны также волнообразно-изогнутые и всё же острые ребра додекаэдра. Эта острота заставляет считать их гребнями, образовавшимися под действием зонального потока **cp**. Появление этого потока и вызванное им заострение бугорков травления, образовавшихся под действием потока **c**, объясняет постоянное изменение направления пограничной линии. Если допустить существование зонального потока **cp**, то с ним согласуется также и отклонение вершин бугорка травления в направлении этих ребер.

Иллюстрацией подобных образований может служить крист. **37**.

Из шести вершин куба пять уплощены маленькой, почти квадратной гранкой с ямками и сросшимися пластинками в зоне **cp**. На некоторых тригональных вершинках наблюдаются остатки октаэдрических пластинок, как в крист. **22** и **23**.

Картина световых рефлексов сходна с крист. **37**. Ямки высверливания **c** дают слабый крестообразный рефлекс в **c**.

Бледные и расплывчатые полосы [**B**] протягиваются на некоторое расстояние от этого креста в направлении **p**. Округлым граням (**d**) соответствуют яркие полосы (**D**), сходные с полосами крист. **37**, которые несколько бледнеют в направлении от **d** к **p**. Не считая слабо выраженных пластинок роста в **p**, мы имеем здесь образование чистого растворения.

Кристалл 37. Табл. 13, фиг. 89; табл. 14, фиг. 97.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета. Месторождение не известно (вероятно Южная Африка). Бесцветный, чистой воды. Вес 120 мг.

Октаэдр, вершины и ребра которого притуплены ложными гранями. Додекаэдрические ложные грани состоят у полюса из исключительно крупных бугорков травления с округлыми вершинками, которые сужаются книзу и постепенно выклиниваются в острые вершинки. Бугорки травления, распространяющиеся от двух полюсов, вдаются друг в друга наподобие пальцев при сплетении двух рук. Пограничная линия по большей части исчезает. Однако местами она всё же видна и делит вытянутые бугорки травления на две части.

Грани **p** состоят из пластинок, границы которых постепенно переходят в удлиненные бугорки травления. Местами на гранях **p** наблюдаются маленькие треугольные фигурки роста. В картине световых рефлексов они дают резкие полосы роста [**D**].

Бугорки травления округляются в направлении полюсов, пока их склоны не сольются с гранью **c**. Блестящей округлости этих вершинок в картине световых рефлексов соответствуют четыре светлых поля (**K**) в зонах **cd**, образующих крест вокруг **c** (фиг. 89).

Место граней **c** (наблюдающихся вокруг полюса) занимают прямоугольные ямки высверливания с штриховкой роста в зоне **cp**. В картине световых рефлексов им соответствуют полосы [**A**] и [**B**].

Высокие округлые вершины бугорков травления на границе ямок высверливания **c** объясняются своеобразным характером потока **c**, прекращающегося на границе **c** с **p** и **d**.

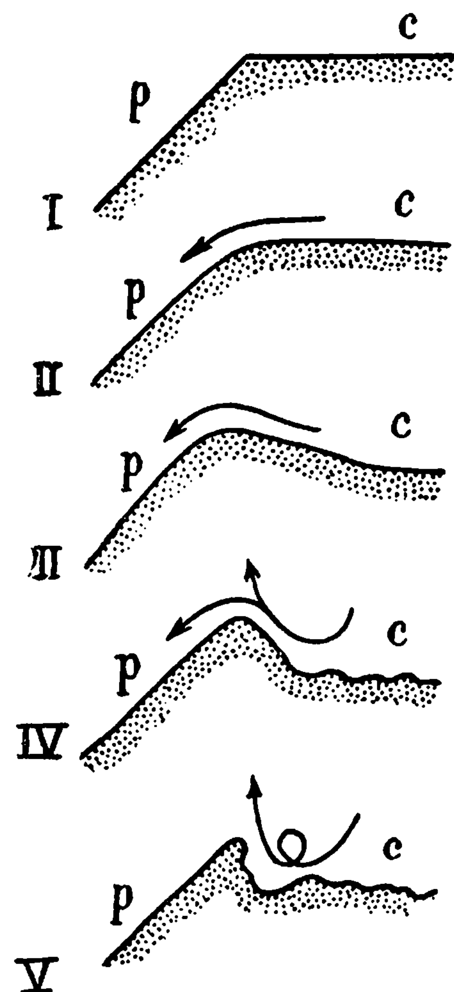


Рис. 55.

В зависимости от характера стока эти края принимают разный облик. Это можно иллюстрировать рис. 55, где стрелки указывают направление движения потока. Мы различаем следующие случаи.

I — плоские грани (пример: крист. **12**);

II — смывание ребра (пример: крист. **46**);

III — углубление в **c** и сток через край (пример: крист. **68**);

IV — округлое входящее ребро с округлыми вершинками бугорков травления (пример: крист. **37**);

V — острое ребро (пример: крист. **50**).

Исходным телом крист. **37** мы считаем октаэдр с ложными гранями [**d**], состоящими из пластинок, и ложными гранями [**c**] в вершинах октаэдра, состоящими из вершинок.

Кристалл 38. Табл. 14, фиг. 98.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета. Месторождение не известно (вероятно Бразилия). Вес 70 мг. Бесцветный, просвечивающий.

Этот кристалл походит на крист. **15** (табл. 19, фиг. 127), но пластинки в нем несколько тоньше и края их не такие острые. Картина световых рефлексов также сходна с картиной рефлексов крист. **15** (фиг. 121), но линии несколько мягче. Мы полагаем, что крист. **38** есть образование чистого роста, причем рост его сопровождался сопротивлением растворению в **c**. (Ср. соображения по поводу крист. **15**).

Крист. **38** отнесен нами к этому ряду, чтобы показать, что сходный облик кристаллов может обусловливаться

разными процессами. Характер акцессорий и особенно картина световых рефлексов выдают историю его происхождения.

Кристалл 39. Табл. 13, фиг. 92, 93; табл 14, фиг. 99.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка. Вес 130 мг. Мутный, серый.

Этот кристалл похож на шар. Только при более детальном рассмотрении можно обнаружить размытые грани и пограничные линии. На фиг. 99 они проступают резче, чем в действительности. Округлые грани (**D**), состоящие из рядов сросшихся холмиков травления, шероховатые, со слабым блеском. В полосах около **c** они становятся более плоскими и покрываются неглубокими следами ямок травления.

Картина световых рефлексов этого кристалла имеет сходство с картиной крист. **58** (табл. 20, фиг. 135).

Кристалл интересен тем, что одна вершинка $\mathbf{p}^2$ кажется обломанной. На фиг. 92 изображен этот кристалл в проекции на $\mathbf{p}^2$, а на фиг. 93 — тот же кристалл в проекции на грань, противоположную $\mathbf{p}^2$. На фиг. 92 видна вершинка октаэдра с шестью полями, оконтуренными пограничными линиями и ребрами додекаэдра с ямками около **c**. Здесь наблюдается большая грань **p**, судя по внешнему виду — спайная плоскость, но она испытала растворение и переходит постепенно в соседние образования растворения.

В пользу того, что большая грань **p** является спайной плоскостью, говорят и сохранившиеся еще отчетливые трещинки в направлении спайности. Аналогичные спайные трещинки наблюдаются и в· крист. **58**. Эта спайная плоскость интересна тем, что она, как можно видеть, существовала уже тогда, когда началось растворение, вызвавшее изменение формы кристалла.

Трудно сказать (хотя вопрос этот представляет большой интерес), какие процессы в магме могли вызвать раскалы-

вание по спайности кристалла, находившегося во взвешенном состоянии в этой магме. Однако самый факт раскалывания нужно считать достоверным.

Кристалл 40. Табл. 13, фиг. 90; табл. 15, фиг. 100.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 12 мг. Винно-желтого цвета, просвечивающий.

Этот кристалл представляет собою комбинацию неровных граней (**d**) с маленькими гексаэдрическими гранками. Грани (**d**) — блестящие, размытые, со сглаженными контурами, неправильными углублениями между плоскими выступающими участками, наподобие крист. **83**. Пограничная линия еле заметная, однако ребра острые. Грани (**d**) образуют входящий угол в направлении длинной диагонали, благодаря чему кристалл напоминает крестообразный двойник, как, например, крист. **106**.

В картине световых рефлексов граням (**d**) соответствуют расплывчатые поля (**CE**), которые сгущаются вокруг точки **d**, сходятся над нею и оставляют широкое пустое поле около **p**. На проросших округлых гранях **c** видны остатки пластинок со штриховкой в зоне **cp**. В картине световых рефлексов (фиг. 90) им соответствует светлое пятно в **c** с разветвленными короткими полосами [**B**].

Крист. **40** представляет собою образование растворения со всеми признаками размыва поверхности.

Кристалл 41. Табл. 15, фиг. 101.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 85 мг. Просвечивающий, буровато-желтый.

Кристалл 42. Табл. 13, фиг. 91; табл. 15, фиг. 102.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 55 мг. Бледного винно-желтого цвета.

Крист. **41** представляет собою октаэдр с округлыми ребрами и немногочисленными большими и глубокими треугольными фигурами роста. Внизу он ограничен двумя спайными плоскостями.

Одна вершинка октаэдра заменена ямкой высверливания, состоящей из нескольких резко выраженных ямок травления прямоугольной формы, стенки которой сильно исштрихованы в зоне **pc**. Края ямок высверливания острые по отношению к граням **p** и **d**.

В картине световых рефлексов ямкам травления соответствует хорошо выраженная полоса [**B**], переходящая в полосу [**A**] около **c**.

Крист. **42** представляет собою округлый додекаэдр, исштрихованный вследствие слияния рядов больших бугорков травления; на нем имеется обычная пограничная линия. Некоторые грани (**d**) обнаруживают неглубокую впадину по длинной диагонали, как, например, у крист. **40**. Одна вершина октаэдра заменена ямкой высверливания неправильной формы, похожей на ямку крист. **41**, только больше и с бо́льшим числом ямок травления. Последние в свою очередь также похожи на ямки травления крист. **41**, но круглее, и стенки этих ямок не так сильно исштрихованы. Между ямками травления находятся блестящие округлые участки граней, в совокупности совпадающие с неровной гранью **c**.

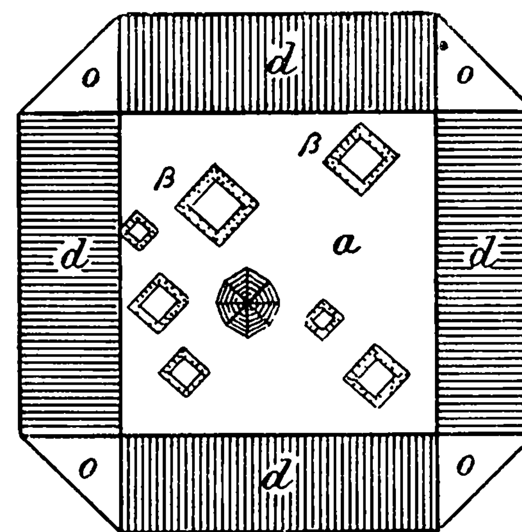


Рис. 56.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 4, Fig. 47.

В картине световых рефлексов (фиг. 91) резкие полосы (**D**) отвечают округлым граням (**d**), а полосы [**A**], [**B**] и [**K**] соответствуют ямке высверливания с ее ямками травления и промежуточными плоскими участками.

Наш рис. 56 (по Розе—Задебеку) иллюстрирует положение ямок травления на грани **c**.

Кристалл 43. Табл. 15, фиг. 103.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бухта Людеритц (Юго-западная Африка). Вес 45 мг. Бледного винно-желтого цвета.

Кристалл 44. Табл. 15, фиг. 105.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бухта Людеритц (Юго-Западная Африка). Вес 50 мг. Бледного винно-желтого цвета.

Оба кристалла имеют характерные ямки на одном из мест, соответствующих грани куба. Такие ямки были обнаружены еще на пяти кристаллах из той же партии.

Крист. **43** — блестящий округлый додекаэдр с остатками граней **p**; на последних наблюдаются фигурки роста. Тонкая штриховка по длинной диагонали становится более грубой по мере приближения к **p**; имеется обычная пограничная линия.

Крист. **44** (фиг. 105) похож на крист. **43**, но на нем отсутствуют грани октаэдра, штриховка тоньше и более расплывчата, ямка на месте одной грани **c** — больше. Края этой ямки слегка закруглены, она имеет вид чаши без граней. Поверхность ее местами шероховатая и неровная, но в общем очень блестящая. На одной стороне замечается тонкая штриховка, направление которой соответствует приблизительно зоне **pdp**. Нужно обратить особое внимание на то, что пограничная линия отсутствует на трех додекаэдрических гранях, примыкающих к ямке, и видна только на четвертой грани (в правой части рисунка). Но и здесь эта линия не прямо пересекает середину плоскости, а проходит вкось, стороною, приближаясь к ямке.

Кроме того, интересен выступающий участок, подобный валу, окружающий ямку и отделяющий ее от граней (**d**). Ямка и ее обрамление связаны генетически, как видно на схематическом рис. 57. Эти явления можно пояснить так.

Высверливающий поток, стекающий с **c**, отклоняет наружу поток растворения, притекающий через (**d**). Это отклонение

вызывает образование вала, благодаря чему прекращается одновременно поток, выходящий из ямки и текущий через **d**. Течение на **d** становится односторонним (только в направлении ямки); вследствие этого не образуется пограничная линия (в отношении стока ср. рис. 55, стр. 182).

Интересен также рефлекс, соответствующий ямке. Он имеет вид сетчатого сплетения нитей точки **c**. Данный рефлекс распространяется приблизительно на 15—20°. В сетчатом узоре, несмотря на совершенно неправильную форму ямки, можно заметить более яркие участки, относящиеся приблизительно к зоне **cp**; наблюдается сходство с фиг. 90 (табл. 13).

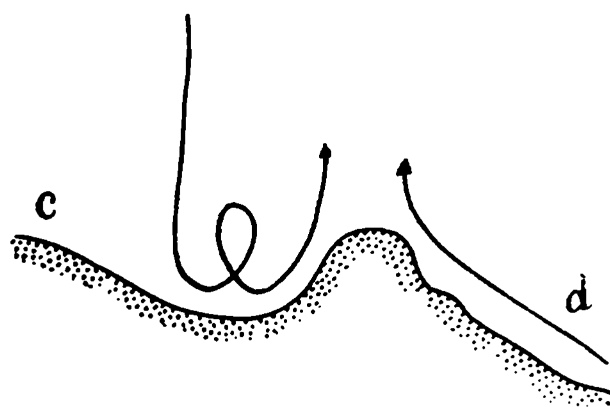


Рис. 57.

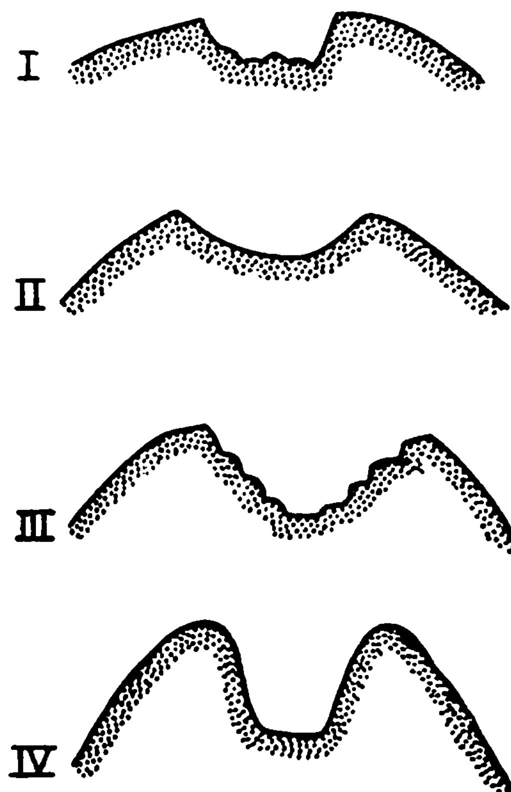


Рис. 58.

Почему ямка высверливания имеется в крист. **43** и **44** только в о д н о й вершинке — неизвестно. Возможно, что причину нужно искать в неправильностях среды, окружавшей кристалл.

Эти чашеобразные ямки высверливания образуют звено в ряду ямок высверливания на **c**, разный характер которых можно иллюстрировать схематическим рис. 58, *I—IV*.

I — ямка с вершинками из бугорков. Пример: крист. **48** (травление);

II — чашеобразная ямка с вершинками из бугорков. Примеры: крист. **43, 44** (размывание);

III — ступенчатая ямка с вершинками из бугорков. Пример: крист. **41** (рост в потоке *ро-ра*);

IV — единственная глубокая ямка с вершинками бугорков. Пример: крист. **55** (рост в потоке *ро-ра*).

Кристалл 45. Табл. 15, фиг. 104, 106.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета. Месторождение не известно (вероятно Южная Африка). Вес 350 мг. Чистый, прозрачный, слегка буроватый.

Столбчатый по виду октаэдр, сложенный из октаэдрических частиц с округлыми гранями. Между отдельными частями имеются углубления. Интересна тонкая штриховка роста на стенках этого углубления, похожая на штриховку крист. **44** как по внешнему виду, так и по происхождению. Нужно обратить особое внимание на штриховку на двух седловидных впадинах на вершинке кристалла, изображенного на фиг. 104.

Своеобразие этого образования объясняется столбчатым строением исходного тела. Отдельные двойниковые пластинки пересекают кристалл.

На фиг. 106 этот кристалл изображен схематически; грани **р** здесь более однородны и на них меньше фигур роста, чем в действительности.

С. Октаэдр и куб в одинаковом развитии с подчиненным додекаэдром

Крист. **46—55** и **15**

Этот ряд характеризуется тем, что его исходной формой можно считать предположительно комбинацию **р** и **с** в почти одинаковом развитии при подчиненной форме [**d**] наподобие крист. **13**; из этой исходной формы могли образоваться различные кристаллы при разном ходе процесса растворения.

Для сравнения мы еще раз воспроизводим крист. **13** и картину его световых рефлексов на фиг. 113 табл. 17 и

фиг. 107 табл. 16 и ставим его таким образом во главе того ряда, который подлежит описанию в этом разделе.

Крист. **15** также относится к этому ряду, хотя его строение и его история несколько более запутаны. Крист. **38** тоже тесно связан с этим рядом. Своеобразные крист. **52** **54**, **55** также могут относиться к этой группе.

Комбинация с одинаковым развитием **p** и **c** и подчиненным **d** в качестве исходной формы, явления высверливания и растворения преимущественно на гранях куба — вот характерные особенности этого ряда.

Кристалл 46. Табл. 16, фиг. 108; табл. 17, фиг. 114.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бразилия. Вес 65 мг. Чистый, прозрачный, бесцветный, с легким желтоватым оттенком.

Данный кристалл происходит из той же партии, как и крист. **13**. Эти два кристалла очень похожи друг на друга. Они имеют одинаковый облик, но крист. **13** является образованием чистого роста, между тем как крист. **46** изменен начавшимся растворением. Таким образом, можно рассматривать крист. **13** как исходную форму крист. **46**.

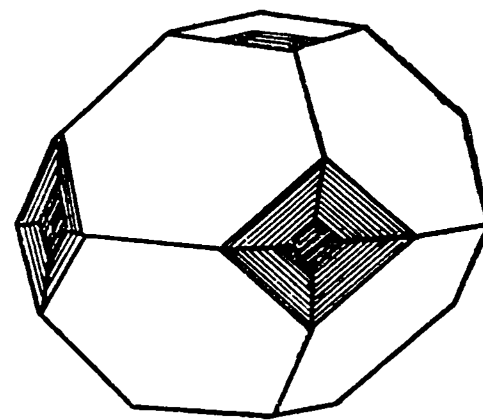


Рис. 59.
Bournon Cat. 1815, tab. 5, fig. 84. (Бразилия).

Грани **p** стали округлыми, гладкими, блестящими; легкая волнистость указывает на то, что до растворения на этих гранях была штриховка. Грани **c** имеют углубление в середине, что свидетельствует о задержке роста, так же как в крист. **13**. На октаэдрических гранях наблюдаются местами изящные круглые ямки травления.

Кристалл, изображенный на рис. 59 (воспроизведенный по Бурнону), судя по описанию, похож на наш крист. **46**.

Вершинки, ребра и грани закруглены растворением. На гранях **c** и **p** замечаются неправильные, расплывчатые,

неглубокие, вытянутые желобки, напоминающие образования на крист. **83** и **84**, но сильнее размытые. Здесь типичный случай образования растворения, которое мы назвали „р а з м ы т ы м“.

Особый интерес представляет сравнение картин световых рефлексов крист. **13** и **46** (фиг. 107 и 108).

Картина для крист. **13** показывает узлы и прямолинейные полосы роста [**D**] и [**B**]. В световых рефлексах крист. **46** мы видим те же самые узлы и полосы, расплывшиеся и расщепленные, образующие сеть световых полосок, которые соответствуют граням и ребрам, округлившимся под действием растворения и размыва, с отдельными кульминационными световыми участками.

Нужно указать также на отличие этой картины световых рефлексов от тех, которые дают „гравированные“ образования растворения, такие, как крист. **27**, **29** и **31**. Там мы имеем пустые зональные области и области узлов, разделенные световыми полями; здесь, наоборот, — световые поля пустые, а места, соответствующие узлам и зональным областям, изобилуют световыми полосками. Относительно „гравированных“ и „размытых“ образований см. стр. 77. Эти два типа являются результатом д в у х совершенно различных способов образования. Однако оба они являются образованиями растворения.

Кристалл 47. Табл. 16, фиг. 109; табл. 17, фиг. 115.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 3 мг. Чистой воды, прозрачный.

Комбинация, состоящая из **p** и **c** с подчиненными ложными гранями (**d**) или [**d**]. Грани октаэдра слегка входящие в середине, так же как грани куба на крист. **46**. Округлые, сглаженные контуры и следы штриховки на ложных гранях додекаэдра создают характерную картину р а з м ы в а. Можно допустить, что исходное тело имело приблизительно такой же вид. Следы размывания сильнее всего на гранях **c**, на них

наблюдаются желобки между выступающими участками, имеющими вид округлых выпуклостей, наподобие крист. **50**.

Картина световых рефлексов (фиг. 109) подтверждает такое истолкование. Это картина образования чистого роста, только резкие точки **p** и зональные линии [**D**] и [**B**] несколько расширены и расплывчаты вследствие размыва. Эта картина сходна с картиной световых рефлексов крист. **13** (фиг. 107), который мы отнесли к образованиям чистого роста.

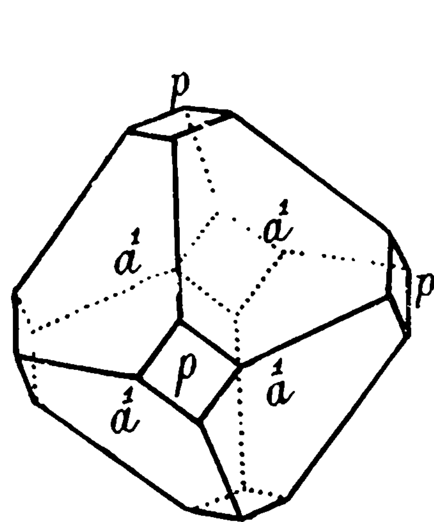


Рис. 60.

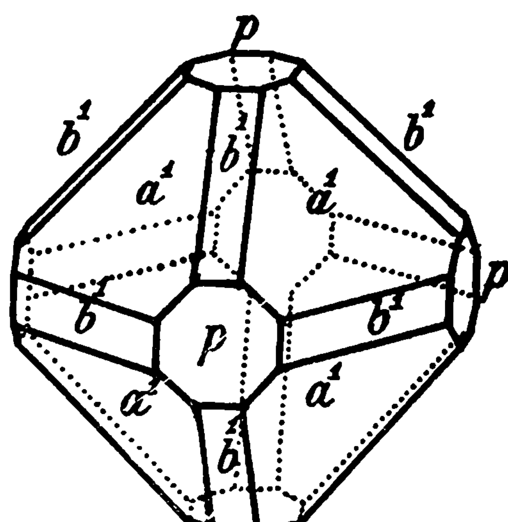


Рис. 61.

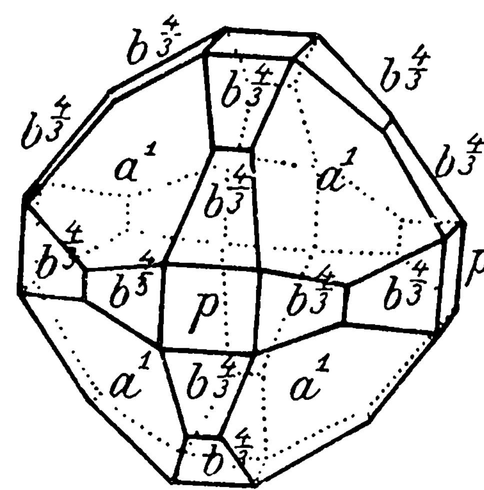


Рис. 62.

A. Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 6, 12, 13.

В картине световых рефлексов интересно усиление зональной полосы [**D**] в точке **p**; оно соответствует некоторым прямолинейным полосам додекаэдра, которые существовали, вероятно, до размыва.

В целях сравнения мы приводим рис. 60—62, воспроизведенные по работе Леви.

Кристалл 48. Табл. 16, фиг. 110; табл. 17, фиг. 116.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 15 мг. Бурый, просвечивающий.

Комбинация, состоящая из **p** и **c** в одинаковом развитии, в которой грани **p** имеют вид почти равносторонних шестиугольников.

Грани **p** обладают сильным зеркальным отражением, образование их закончилось стадией роста. На этих гранях нет

никаких признаков скульптуры. Ребра октаэдра по большей части острые, прямолинейные и лишь в немногих местах заменены узкими, немного входящими ложными гранями додекаэдра [**d**]. Это также образования роста.

В противоположность таким граням, грани гексаэдра представляют собою образования растворения со скульптурой травления, в середине они несколько входящие. От вершинок к входящей средней части протягиваются неправильные пограничные линии, которые делят грани **c** на четыре поля. Местами эти пограничные линии отсутствуют.

Блестящие грани **c** покрыты маленькими вытянутыми выпуклостями, имеющими такую же форму, как бугорки травления. Между ними находятся желобки, вытянутые в направлении **cp**, по которым стекают концентрационные потоки. Назовем их „желобками стока".

Исходное тело было, вероятно, похоже на исходное тело крист. **13** или **15**. Грани **c** становятся неровными с самого начала растворения. Ребра исходного тела, возможно, были покрыты бороздками, как на крист. **5** и **49**, но рост граней **p** привел к их регенерации, и они стали острыми и прямолинейными, как в нашем кристалле.

Картина световых рефлексов (фиг. 110) совершенно ясна. Она представлена яркими точками **p** и полосами [**D**]. Наблюдаются также слабые полосы [**B**], которые разветвляются в направлении **c**. К образованиям растворения около **c** относятся бледные неправильные световые пятна в середине проекции, около **c**, которые соответствуют приблизительно полосам (**E**) и [**B**].

Четыре слабые точки около **c** чрезвычайно интересны. Они не соответствуют плоским участкам граней, а представляют собою максимумы для световых лучей, идущих от разных точек округлых граней **c**.

Всё образование в целом является прекрасным примером такого тела, в котором формирование одних частей закончилось стадией роста, а других — стадией растворения.

Кристалл 49. Табл. 16, фиг. 111; табл. 17, фиг. 117, 118.

Коллекция Г. Зелигмана в Кобленце. Месторождение не известно (вероятно Бразилия). Вес 10 мг. Бесцветный, чистой воды, прозрачный.

Кристалл, очень близкий к крист. **50** как по форме, так и по происхождению. Представляет собою комбинацию **p** и **c** с ложными гранями додекаэдра [**d**], сложенными грубыми, прямолинейными краями пластинок.

Грани **p** дают одиночные световые рефлексы в виде ярких точек. Граням [**d**] соответствуют яркие полосы роста [**D**]. Бледные короткие полосы [**B**] отвечают еле заметным образованиям на ребрах **pc**.

Две из граней **c** отличаются особенно правильным образованием. Они имеют углубление в середине и, так же как большая грань **c** крист. **52**, разделены на четыре поля желобками, которые проходят от середины к вершинам и заканчиваются ложными гранями [**d**]. Последние образуют блестящие округлые выпуклые участки.

Форма остальных граней **c** менее правильная. Они покрыты неправильными округлыми буграми и бороздками.

Их резко выраженные и неправильные ребра лежат на пересечении образований роста с **p** и с [**d**], причем на границе они образуют входящие углубления.

Такой облик характерен для высверливающего растворения, когда растворяющий поток стекает на растворяемую поверхность **c** перпендикулярно, а не сбоку, через ребра **cp** или **cd**. (Ср. схематический рис. 55, *V*; стр. 182).

Картина световых рефлексов (фиг. 111) соответствует растущему кристаллу, она похожа на картину крист. **50** (фиг. 112), но здесь имеется почти четырехугольное световое пятно в **c**, так же как в крист. **51**.

Нужно отметить особо следующее необыкновенное явление.

На одной из граней **c** наблюдается вросший в нее маленький октаэдр в двойниковом положении. На фиг. 117 видна

головка того же октаэдра в проекции на грани **c** главного кристалла.

Видна блестящая плоская грань **p**, вершина октаэдра и части соседних граней **p** и (**d**) главного кристалла. Кристалл окружен желобком растворения, так же как выступающая вершинка куба в двойниковом крист. **120**. Этот желобок подтверждает, что **c** является гранью растворения.

Между тем выступающий двойниковый кристаллик испытал растворение только в (**d**), а грани **p** разрослись, так же как плоские грани **p** главного кристалла.

Это явление представляет для нас особый интерес. Оно дополняет наблюдения, согласно которым в ямках высверливания на **c** часто развиваются октаэдрические пластинки. (Ср. крист. **41, 73** и др.).

Кристалл 50. Табл. 16, фиг. 112; табл. 17, фиг. 119.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 12 мг. Прозрачный, бурый с легким фиолетовым оттенком.

Кристалл, в образовании которого принимали участие и рост и растворение.

Образованиями роста нужно считать дающие единичный рефлекс блестящие грани **p** с желобчатыми ребрами, на которых наблюдаются следующие достоверные формы, имеющие вид бороздок с плоскими краями:

d = 01 (011), наблюдалась шесть раз. Проверена измерением.

v = $\frac{1}{3}$ 1 (133), наблюдалась шесть раз.

Измерено: $\varphi = 18°54'$, $\rho = 46°10'$; $19°15'$, $47°00'$ — вычислено: $18°26'$, $46°30'$.

Эта форма достоверна; она была установлена только на одном из наших кристаллов.

u = $\frac{1}{2}$ 1 (122), наблюдалась два раза.

Измерено: $\varphi = 25°40'$, $\rho = 47°15'$; вычислено: $26°34'$, $48°11'$.

Несмотря на расхождение в величинах углов, эта форма является, повидимому, достоверной. Она наблюдается также на крист. **8**, **10**, **13**, **16**, **17**, **159** [14].

$\mathbf{w} = \frac{2}{3} 1$ (233), наблюдалась три раза.

	φ	ρ	
Измерено:	$\varphi = 33°20'$	$\rho = 51°00'$	вычислено: 33°41′, 50°14′.
	32°50′	50°00′	
	33°23′	50°49′	

Эту форму можно, повидимому, считать достоверной. Она наблюдалась только на этом кристалле.

Образования растворения представлены блестящими неровными гранями **c**. По краям и в середине они несколько входящие, с глубокими желобками и выступающими участками, имеющими вид вздутий, такими же, как на крист. **83** и **84**. Грани **c**, покрытые подобной скульптурой, отделяются резкими пограничными линиями от граней **p** и **d**.

Рис. 63 (воспроизведенный по Леви) дает схематическое изображение такого кристалла.

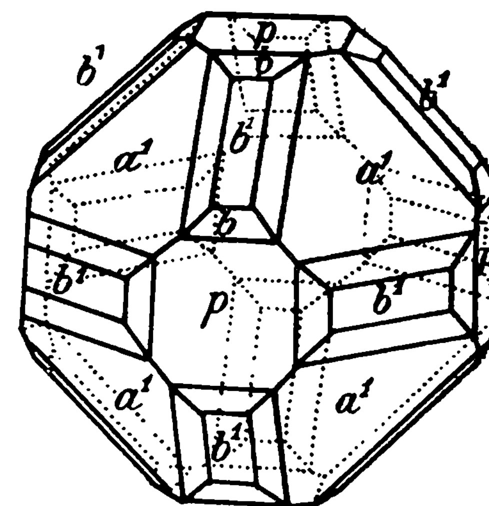


Рис. 63.
A. Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 15.

Образования граней **c** можно считать результатом воздействия потока **c**, но в более поздней стадии, чем у крист. **47**. Уже в исходном теле грани **c** образовались из кристалла, аналогичного крист. **49**, они не гладкие, и можно полагать, что они усеяны вершинками октаэдров, как на крист. **15** (фиг. 127). Эти вершинки округлены вследствие размыва и изменены в образования, имеющие вид вздутий. Если бы предварительно на **c** была ямка высверливания, то при размыве получилась бы иная скульптура.

Картина световых рефлексов (фиг. 112) состоит из прямолинейных полос роста [**B**] и [**D**] и световых точек **p**, с одной стороны, и с другой — из неправильных световых полей, соответствующих граням **c**, в которых замечаются лишь слабые признаки полос [**B**] и (**E**).

Кристалл 51. Табл. 18, фиг. 120, 123; табл. 19, фиг. 126.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бразилия. Вес 10 мг. Красновато-бурый.

Маленький кристалл исключительного совершенства, с правильными очертаниями. Он изображен на фиг. 126 по возможности близко к натуре.

Резко выраженные грани **p**, образование которых закончилось стадией роста, выступают в вершинах округлого куба. На месте каждой грани куба виден гладкий, блестящий, выпуклый сектор; в рефлексе ему соответствует четырехугольное световое пятно, углы которого несколько вытянуты в зоне **pc** (фиг. 120).

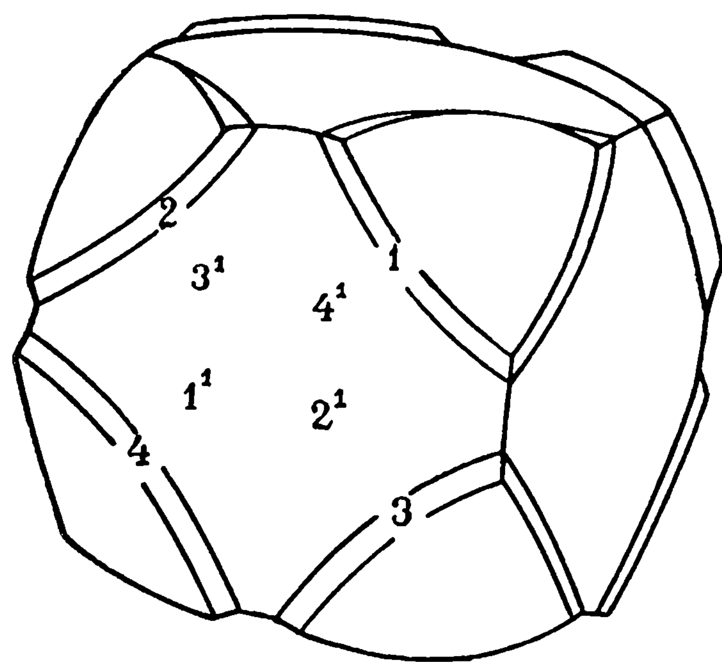


Рис. 64.

Каждая из выступающих граней **p** окружена с трех сторон узким бордюром, имеющим повсюду приблизительно одинаковую ширину. Четыре таких бордюра (*1*, *2*, *3*, *4* на схематическом рис. 64) образуют стороны входящего округлого тригон-тритетраэдра; они имеют наклон в сторону **c**. Направление штриховки на бордюре такое же, как на крист. **48** (фиг. 116). На крист. **51** эти бордюры не доходят до середины, они срезаются выпуклым сектором. Поверхность этого сектора ограничена четырьмя сторонами выступающего пирамидального куба и тригон-тритетраэдра. Достопримечательно, что наклонные бордюры *1*, *2*, *3*, *4* и соответствующие им выступающие части выпуклого сектора 1^1, 2^1, 3^1, 4^1 имеют одинаковый наклон, так что рефлексы от *1* и 1^1, от *2* и 2^1, от *3* и 3^1, от *4* и 4^1 совпадают. Рис. 64 может служить иллюстрацией этого явления.

Грани **p** идеально плоские и блестящие; четыре выпуклых сектора отделяются друг от друга резкими пограничными

линиями. Эти линии проходят от одного бордюра **р** до другого и занимают место ребер куба.

Картина световых рефлексов (фиг. 120) похожа на картину крист. **49**, но здесь отсутствуют полосы (**D**).

Характер нашего кристалла выясняется при сравнении его с другими кристаллами этого ряда (в частности с крист. **46, 48, 49, 52** и **55**). Исходное тело предположительно сходно с крист. **49** (табл. 17, фиг. 118). В целях сравнения приводим рис. 65, воспроизведенный по Бурнону. Кристалл, изображенный на рисунке этого тонкого наблюдателя, во многом походит на наш, хотя и не все части рисунка вполне понятны.

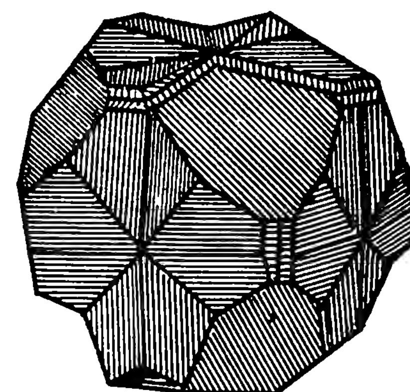


Рис. 65. Bournon. Cat. 1815, tab.3, fig. 50. (Бразилия).

Кристалл 15. Табл. 18, фиг. 121; табл. 19, фиг. 127.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бразилия. Вес 70 мг. Чистый, просвечивающий, бесцветный.

Кристалл сложен множеством мелких резко выраженных октаэдров, ребра которых образуют ложную грань додекаэдра, а вершинки—ложную грань куба. Это расположение видно на рис. 66, воспроизведенном по Розе—Задебеку. Лишь в двух вершинках октаэдра крист. **15** грани октаэдров, слагающих этот кристалл, заменены вершинкой растворения с шестью плоско-округлыми гранями, пограничными линиями и округлыми ребрами. Однако это явление не соответствует гемиэдрии, так как оно хотя и наблюдается в двух вершинках, но в соседних октантах. Переход от образований роста к образованиям растворения постепенный.

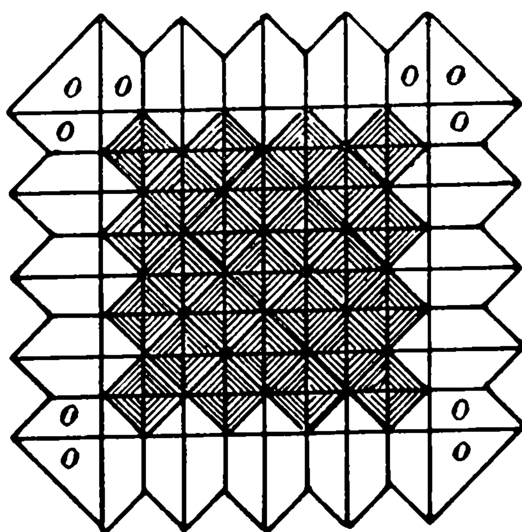


Рис. 66. Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf 4, Fig. 45.

Мы можем приписать одинаковый способ образования ложной грани [**d**], состоящей из ребер, и ложной грани [**c**], состоящей из вершинок. В процессе роста обе сопротивлялись растворяющему воздействию на **c**. В зависимости от относительной интенсивности *ро* и *ра* и от формы и величины граней получались разные результаты. В нашем кристалле преобладал процесс *ро*, но он был недостаточен, чтобы покрыть **d** и **c** плоскими гранями. Если же преобладает процесс *ра*, то в **c** возникают впадинки и ямки высверливания, а в **d** — образования растворения.

Примечание. Рост, сопротивляющийся растворению, напоминает рост в неблагоприятной среде. В последнем случае также наблюдается отставание ребер или граней и разделение на параллельные вершинки или ветви, параллельные одной из осей.

Интересно сходство между картинами световых рефлексов крист. **15** и **61** вокруг полюса, которое обусловлено в обоих случаях одинаковыми гранками. Но в крист. **15** они выступающие, а в крист. **61** — входящие. В обоих случаях эти гранки переходят друг в друга через грань **c**, и их нужно считать результатом взаимодействия одних и тех же факторов.

Грани, подобные нашей грани **c**, мы назвали ложными гранями из вершинок. Примерами таких граней могут также служить крист. **14** и **38**.

Примечание. Растворение в двух соседних вершинках $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^3$ на кристалле, образование которого закончилось стадией роста, можно представить себе следующим образом.

Нужно напомнить, что материнский раствор почти нейтрален, поэтому достаточно малейшего изменения, чтобы превратить *ро* в *ра* и обратно. Можно допустить наличие такого влияния в области $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^3$ за пределами кристалла. Такие причины, вызывающие местные изменения, могут быть разного происхождения: например выпадение другого кристалла поблизости, однородного с этим (алмаз) или другого рода. Чуждый кристалл также изменяет температуру и насыщение раствора при выпадении. Так, например, если удалить из воды углекислоту, то вода сможет растворить меньшее количество $CaCO_3$. Крупный кристалл

как бы пожирает при росте своих мелких соседей, иногда без всякого остатка. Нужно помнить о таких влияниях при объяснении некоторых аномалий. Такой аномалией является образование растворения только на двух вершинках нашего кристалла. Многие отклонения от нормальной формы (так называемые искажения) также могут быть отнесены за счет подобных влияний.

Картина световых рефлексов крист. **15** (табл. 18, фиг. 121) соответствует поверхности следующим образом. В $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^4$ и в идущих от них зонах мы видим рефлексы чистого роста; в $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^3$ они смешаны с рефлексами растворения, соответствующими полосам (**D**) и (**E**). Вокруг **c** мы видим четыре полосы (**A**). Зональная линия $\mathbf{p}^3\mathbf{c}$ разветвляется в направлении **c**, как в крист. **77**; в середине зональной линии $\mathbf{p}^1\mathbf{c}$ имеется углубление, соответствующее грани $\mathfrak{q} = \frac{1}{2}$, известной для алмаза. Ее удалось установить в крист. **10**, **20** и **26**.

На крист. **15** не удалось установить плоского участка, соответствующего грани $\mathfrak{q}$. Сгущенные участки рефлексов являются кульминационными пунктами картины.

Кристалл 52. Табл. 18, фиг. 122; табл. 19, фиг. 128, 130.

Коллекция Зелигмана. Рио (Бразилия). Вес 25 мг. Чистой воды, прозрачный.

Это — оригинал кристалла, описанного и изображенного в работе Розе—Задебека; рис. 67—69 взяты из этой работы.

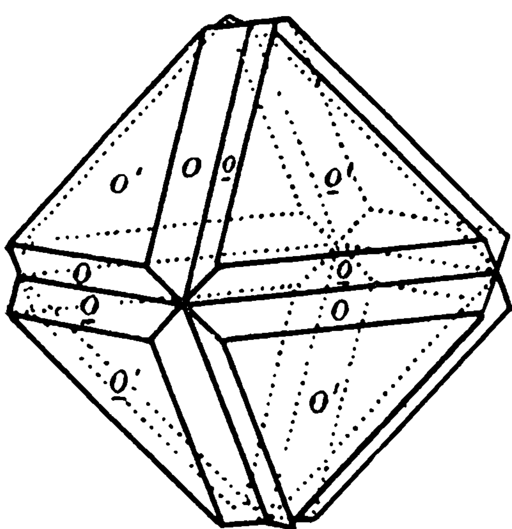
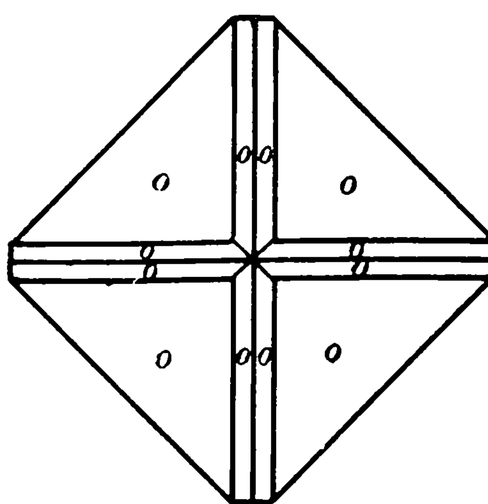
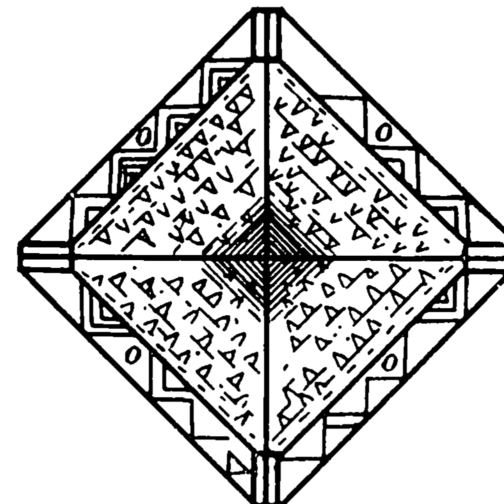




Рис. 67. Рис. 68. Рис. 69.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 3, Fig. 31—33.

Данное интересное образование Розе и Задебек определяют как „ложногемиморфное“. Этот кристалл имеет внизу четыре гладкие грани **p**, переходящие в тонкие пластинки, образующие ложную грань додекаэдра [**d**], наподобие крист. **5**. Верхняя половина кристалла, до четырех узких полосок на месте граней **p**, замещена несколько входящей гранью **c**. Эти четыре полоски не однородны, в продольном направлении они делятся на несколько полей, длина которых равна приблизительно ширине полосы. Каждое поле занято гранью октаэдра, обращенной вершиной в сторону полюса и оконтуренной пластинчатой штриховкой. Неглубокие бороздки между вершинками можно считать желобками стока большой грани **c**, которые распространяются через **c** в виде волнистых углублений.

Ребра между этими штриховками и боковыми октаэдрическими гранями, с одной стороны, и между октаэдрическими гранями нижней половины — с другой заканчиваются прямолинейными пластинками и имеют вид тонкопластинчатых ложных граней додекаэдра [**d**]. Нижние октаэдрические грани имеют своеобразную скульптуру поблизости от ребер, идущих в горизонтальном направлении. Так же, как на грани $\mathbf{p}^3$, изображенной на фиг. 128, боковые вершинки из пластинок отступают и образуют углубления треугольников роста.

Большая грань **c** имеет в середине неглубокую впадину в виде четырехгранной пирамиды. Все четыре стороны — округлые, неправильные, слабо блестящие; на них наблюдаются неясная штриховка по ребрам **cp** и волнообразные изгибы, перпендикулярные к штриховке, которые являются по большей части желобками стока для углублений, расположенных между вышеописанными вершинками октаэдра (фиг. 130).

Между четырьмя округлыми сторонами четыре неглубоких желобка проходят в направлении вершин.

Поблизости от вершин появляются местами октаэдрические штриховки роста. В трех вершинках из четырех желобки переходят в своеобразные глубокие вертикальные надпилы,

которые занимают место боковых граней куба и которые можно назвать желобками стока. Положение их боковых стенок отвечает приблизительно додекаэдру. Они покрыты шероховатыми матовыми холмиками травления, вытянутыми в продольном направлении желобков. Это такие же бугорки травления, какие бывают обыкновенно на гранях **c**; в картине световых рефлексов им соответствуют бледные полосы (**D**) (фиг. 122). При более тщательном рассмотрении можно заметить интересные образования в глубине желобков. Это тонкие, образующие блестящую полосу, октаэдрические пластинки, которые являются образованиями роста. Пластинки распространяются в смежные углубления на **c** и настолько тонки, что на наших рисунках они едва заметны. На крист. **73** эти образования больше и отчетливее.

В обыкновенной, несколько схематизированной картине световых рефлексов (фиг. 122) рефлексы роста преобладают над рефлексами растворения. Эта картина относится к верхней половине кристалла, с большой гранью **c** на полюсе. Яркие точки **p** соответствуют граням **p** и новообразованиям в желобках; яркие полосы [**D**] соответствуют пластинкам и ложным граням [**d**].

Бледные, но правильные полосы [**B**] в среднем поле картины световых рефлексов отвечают вышеописанной штриховке на **c**. Полосы [**B**], выходящие из **p**, соответствуют образованиям в желобках стока.

Генетическое объяснение этого кристалла следующее.

Исходное тело имело, вероятно, облик, близкий к облику нашего кристалла. Большая грань куба неровная, возможно, что она состоит из вершинок, как в крист. **15** (фиг. 127). Причиной такого одностороннего развития могли быть влияние среды, близость другого кристалла или какие-либо местные изменения состава материнского раствора. Все необычные образования на нашем кристалле объясняются своеобразием его исходного облика: сосредоточением растворения на большой грани **c** (которая стала вследствие этого

входящей), главным направлением стока — к вершинам и „надпилами“ на месте глубоких желобков стока. Наряду с этим существует сток по бокам, между растущими навстречу друг другу вершинками октаэдров по краям кристалла.

Здесь, как и на многих других кристаллах, мы видим неоднократное начало роста в глубине потока растворения.

Кристалл 53.

Коллекция Минералогического института Московского университета. Ягерсфонтейн (Южная Африка). Чистой воды, прозрачный.

Этот кристалл похож на крист. **52**, имеет слабо развитые желобки стока.

Кристалл 54. Табл. 19, фиг. 129.

Коллекция Г. Зелигмана. Байя (Бразилия). Вес 21 мг. Чистой воды, прозрачный.

Этот прекрасный кристалл наглядно подтверждает все наблюдения, полученные для крист. **52**. Он представляет собою образование, закончившееся стадией роста; растворение проявляется в нем только на большой грани **c** (фиг. 129).

Этот кристалл следует, вероятно, рассматривать как предшествующую стадию крист. **52** (фиг. 128); можно сказать, что это как бы его исходное тело.

В картине световых рефлексов наблюдаются слабые признаки полос растворения (**D**) внизу и широкое неправильное световое пятно на месте верхней грани гексаэдра. Картина световых рефлексов походит на картину крист. **49** (фиг. 111), однако полосы [**D**] здесь не такие яркие.

Кристалл 55. Табл. 18, фиг. 124; табл. 19, фиг. 131, 132.

Коллекция А. Ферсмана. Южная Африка. Вес 15 мг. Прозрачный, бледного, красновато-бурого цвета.

На фиг. 132 дано изображение головки, а на фиг. 131 — перспективное изображение того же самого кристалла.

Фиг. 131 несколько схематизирована. На ней виден октаэдр, сложенный из пластинок на месте ребер; ложные грани додекаэдра по большей части резко выраженные, а местами округлые.

В этом кристалле интересна глубокая впадинка в вершине октаэдра. Сечение ее почти квадратное; четыре стенки этой впадинки представляют собою плоские грани октаэдра, гладкие, с редкой штриховкой, параллельной ребру **ср**. Внизу эта воронка заканчивается плоской гранью **с**, квадратной формы. На округлом крае, отделяющем эту впадинку от соседних граней **р**, некоторые участки имеют направление грани **с**; здесь наблюдается также несколько квадратных ямок высверливания **с** такого же рода, как на крист. **41**. Они видны на фиг. 132.

Возникает вопрос: является ли большое углубление на **с** ямкой высверливания или образованием роста? Против высверливания (растворения) говорят резко выраженные и гладкие стенки октаэдрической впадинки, а также прекрасная грань **с** на дне и наличие аналогичного образования в переднем углу. Последнее имеют только две стороны воронки; это образование расположено в крае, и, следовательно, оно не могло возникнуть путем высверливания.

Но несмотря на то, что мы должны считать такое углубление образованием роста, наблюдается аналогия между ним и ямками высверливания в **с** и между ними имеются переходы (ср. с рассуждениями на стр. 186—187 и с рис. 58).

Это противоречие объясняется тем, что нельзя провести резкую грань между высверливанием и отставанием роста. Данный вопрос был рассмотрен более подробно при описании крист. **15** (стр. 197).

Нижний конец кристалла представляет собою резко выраженный октаэдр; в целом этот кристалл является столбчатым образованием, сложенным из октаэдрических частиц.

Ясная картина световых рефлексов верхней половины кристалла (фиг. 124) состоит из ярких точек **р**, резко изогну-

тых полос (**D**), соответствующих округлым частям кристалла, и из полос [**B**] и (**A**), соответствующих краевой части воронки. Воронка проявляется в рефлексе простыми точками **p**, отчетливо выраженным крестиком в **c** и бледными полосами [**B**].

D. Переходный ряд с господствующим кубом

Крист. **56—73**

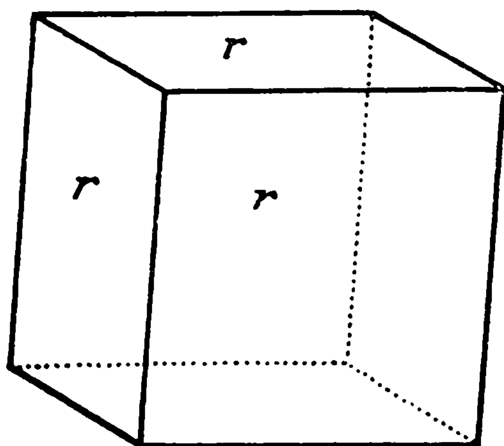
Эти кристаллы имеют кубический облик. Они образуют очень важный ряд. По характеру растворения в **c** можно подразделить этот ряд на два отдела.

1. Если поток растворения приводит к образованию вершинки в **c**, то куб переходит через округлый пирамидальный куб (табл. 21, фиг. 143) в общую конечную форму — додекаэдр (**d**) с обычной пограничной линией (табл. 21, фиг. 144). К этому отделу принадлежат крист. **56—67**, происходящие, все без исключения, из Бразилии [[15]].

2. Если поток растворения образует в **c** ямку высверливания и высверливание продолжается и дальше, то получаются кубоподобные образования с пограничной линией на грани куба, нередко с новообразованиями в кубических ямках высверливания. Высверливание может продолжаться до тех пор, пока все шесть граней кристалла не окажутся высверленными в середине, и в конечном итоге кристалл может распасться на шесть секторов. (Ср. схематические фиг. 23 и 23а табл. 3). Случается также, что высверливание прекращается, достигнув значительной глубины, и ямки выполняются новообразованиями (крист. **73**). К этому отделу принадлежат крист. **68—73**.

Для пояснения связи рассматриваемой группы кристаллов с формами предшествующих рядов нужно подчеркнуть, что пограничные линии (проходящие вкось к грани додекаэдра) перекрываются ребрами куба. (Ср. схематическую фиг. 24 табл. 3).

Рис. 70—75, воспроизведенные по работам предшествующих авторов, дополняют общую картину этого ряда.



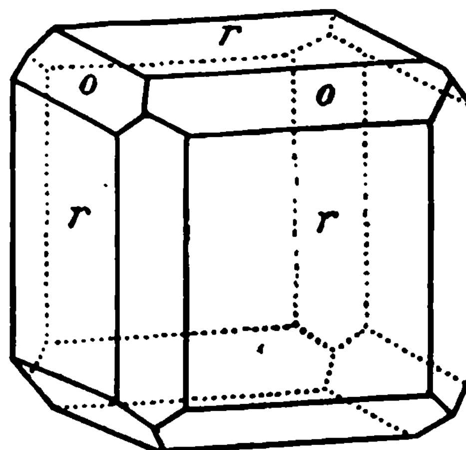


Рис. 70. Рис. 71.
Haüy. Miner. 1823, tab. 120, fig. 342, 344.

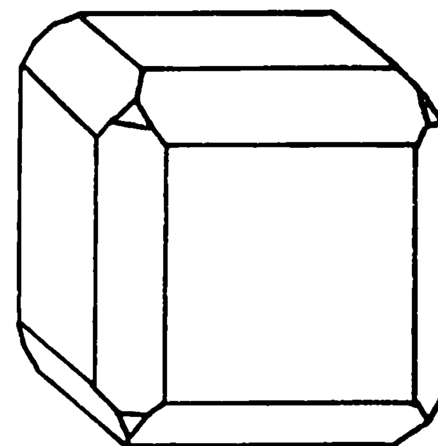


Рис. 72.
Bournon. Cat. 1815, tab. 4, fig. 75.

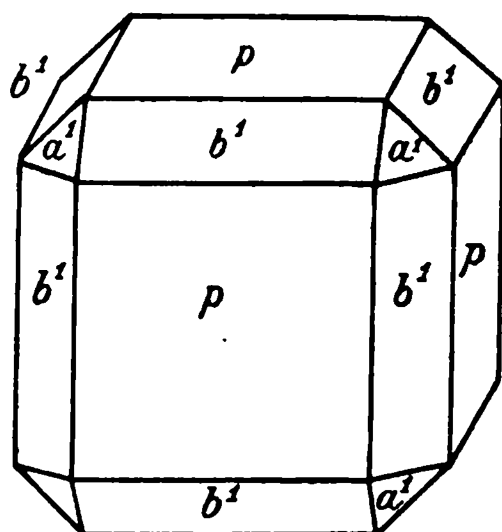


Рис. 73.
Des Cloizeaux. Miner. 1874, tab. 43, fig. 256.

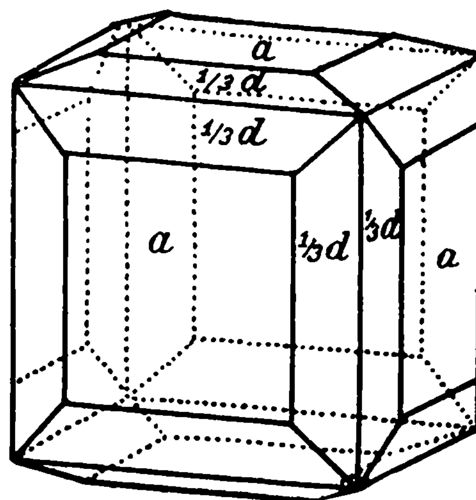


Рис. 74.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 6.

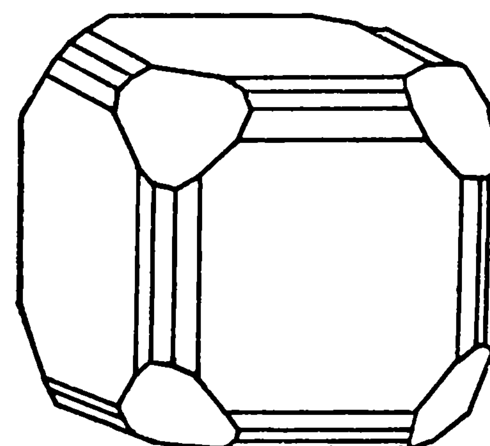


Рис. 75.
Bournon. Cat. 1815, tab. 5, fig. 88.

Кристалл 56. Табл. 20, фиг. 133; табл. 21, фиг. 139.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 30 мг. Бесцветный, чистый просвечивающий.

Правильный и хорошо образованный куб в комбинации с [**p**] и [**d**]. Грани **p** с легкой штриховкой, параллельной ребрам, дают яркие световые точки в рефлексе.

Грани [**d**] исштрихованы параллельно ребрам октаэдра и поэтому имеют вид типичных ложных граней додекаэдра, которым соответствуют яркие полосы [**D**]. Для этих полос характерно усиление около точки **d**. То же явление наблю-

далось в крист. **4** (фиг. 30). Грани **p** и [**d**] представляют собою образования роста.

Грани **c** плоские, но шероховатые, состоящие из маленьких округлых бугорков и ямок. При детальном рассмотрении этой поверхности можно обнаружить правильный узор, однако несколько размытый и сглаженный. Это следы обычных для куба четырехугольных впадинок, штриховка которых проходит в зоне **pc**, или вершинок роста (показанных в более крупном масштабе, для крист. **15**, на фиг. 127 табл. 19), слегка измененных растворением. Такой стадией растворения закончилась история развития граней **c**. В картине световых рефлексов (фиг. 133) граням **c** соответствует бледный расплывчатый световой крест. В нашем кристалле обнаруживается сходство с крист. **57**. Это почти не измененное исходное тело того порядка, из которого развился крист. **58**.

Кристалл 57. Табл. 20, фиг. 134; табл. 21, фиг. 140.

Коллекция Института минералогии Фрейбергской горной академии. Бразилия. Вес 20 мг. Чистой воды, прозрачный.

На фиг. 140 показана только одна вершинка кристалла. Данный кристалл представляет собою гексаэдр с узкими, округлыми гранями (**d**), разделенными пограничной линией на месте ребра куба, и с гранями **c**, усеянными множеством довольно глубоких ямок травления.

В этом образовании, закончившемся стадией растворения, началась регенерация путем роста, выразившаяся в повсеместном появлении октаэдрических пластинок. Если получить отражение от такой пластинки, то одновременно появятся отражения от множества мелких участков на гранях **c** и **d**, которые дадут в совокупности яркую точку **p**. На вершинах октаэдра находятся более крупные грани **p**, резко отграниченные от смежных частей кристалла.

В картине световых рефлексов (фиг. 134) точки **p** очень яркие, полосы растворения бледные, но правильные.

Этот кристалл является прекрасной иллюстрацией возможной регенерации образовании травления в результате процессов роста, о чем мы говорили уже неоднократно.

Исходным телом был, вероятно, куб или комбинация, подобная крист. **56.**

Кристалл 58. Табл. 20, фиг. 135; табл. 21, фиг. 141.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 120 мг. Жемчужно-серый, просвечивающий на ребрах.

Куб с округлыми ребрами. Глубокие трещины пересекают кристалл. Стенки верхних частей этих спайных трещинок блестят обычно вместе с гранями (**d**), только отдельные участки дают в рефлексе части полос [**B**].

Грани (**d**) образуют перегиб на пограничной линии, которая является одновременно ребром куба. Эти грани изрезаны желобками, проходящими вкось к ребру. В картине световых рефлексов им соответствуют полосы (**D**) и поля (**CE**) (фиг. 135), которые нужно отнести за счет следов холмиков травления на этих гранях.

Грани **c** неровные; они покрыты четырехугольными ямками со штриховкой в зоне **cp**. Местами эти ямки сливаются и еле заметны; в других местах они имеют характерный вид и штриховка на них отчетливая.

В картине световых рефлексов (фиг. 135) резко выраженным ямкам соответствует крестик в **c**, состоящий из полос (**A**) и [**B**]. Четыре небольших световых поля (**E**) в зоне **cd** также принадлежат к акцессориям граней **c**.

Следовательно, мы имеем здесь дело с *образованием растворения*. Происхождение его объясняется действием некоторого потока **c**, протекавшего по граням **c** и стекавшего далее вкось, через ребро куба, в направлении **cdc**. Образование глубоких резко выраженных *желобков* объясняется проникновением растворяющего потока в трещинки. Почему и каким образом образовались эти трещинки в кристалле,

находившемся во взвешенном состоянии в материнской жидкости — еще не ясно. Однако это явление наблюдалось неоднократно, и, по всей вероятности, оно объясняется внутренним напряжением в кристалле, вызванным изменением условий в окружающей магме. (Ср. крист. **39**). Кроме потока **c**, можно допустить еще действие слабых растворяющих потоков **p** в вершинах куба.[1]

Исходное тело было, по всей вероятности, кубом, возможно с подчиненными [**d**] или **p**.

Кристалл 59.

Коллекция А. Ферсмана. Кимберлей (Южная Африка). Вес 100 мг. Густого желто-бурого цвета.

Форма этого кристалла, своеобразный характер его поверхности и трещинки, а также и картина световых рефлексов напоминают крист. **58**. Интересно его происхождение, поскольку кубические кристаллы очень редки в Южной Африке.[2]

Кристалл 60. Табл. 21, фиг. 142.

Коллекция Института минералогии Фрейбергской горной академии (№ 76). Бразилия. Вес 13 мг. Бесцветный, чистый, прозрачный.

Этот кристалл представляет собой комбинацию **p**, **c** и [**d**]. Грани **c** состоят из обычных ямок и из маленьких вершинок, так же как на крист. **15** (табл. 19, фиг. 127). Грани **p** блестящие, края пластинок на них несколько закруглены. Грани **d** не везде однородны, но в общем они представляют собою ложные грани роста, пластинки которых слегка сглажены и

---

[1] Некоторые подвергшиеся травлению кристаллы флюорита из Эльтшенальп (кантон Берн, Швейцария) сходны с крист. **58**. В них также наблюдаются трещинки с вытравленными стенками.

[2] G. F. Williams. The diamond mines of South Africa. N. Y., 1902, 482.

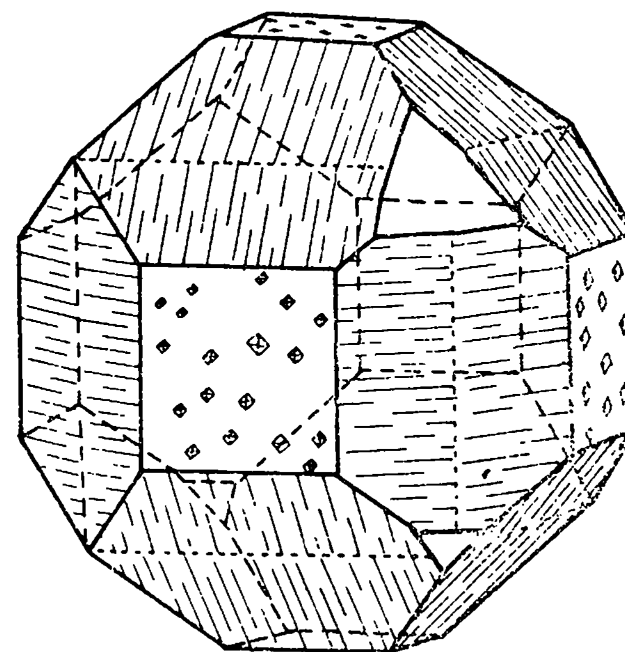


Рис. 76.
E. Kaiser, Centralbl. Miner., 1909, 237, Fig. 1.

округлены потоками растворения. Пограничная линия отсутствует; вместо нее местами наблюдается слабый перегиб в направлении ребра куба.

Картина световых рефлексов сходна с картиной крист. **62**; точки **p**, полосы [**D**] и (**D**) — яркие.

Исходной формой является, вероятно, комбинация **c**, **p**, [**d**] наподобие нашего крист. **56**.

Аналогичный кристалл описан Э. Кайзером из Юго-западной Африки (рис. 76).

Кристалл 61. Табл. 22, фиг. 149; табл. 23, фиг. 153.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 50 мг. Молочный серый, просвечивающий на ребрах.

Походит на крист. **58**, но без трещинок. На фиг. 149 изображена прекрасная картина его световых рефлексов. Фиг. 153 представляет собою по возможности точную зарисовку под микроскопом части одной из граней куба. Тончайшей и изящной скульптуре отвечают в рефлексе крест (**A**) и длинные прямолинейные полосы [**B**], доходящие до точек **p**. Картина световых рефлексов и поверхность кристалла свидетельствуют о присутствии в ямках травления на **c** маленьких граней (пластинок) **p**, образовавшихся в процессе роста.

Кристалл 62. Табл. 22, фиг. 146—148.

Коллекция В. Гольдшмидта, Байя (Бразилия). Бесцветный, мутный, просвечивающий.

По характеру поверхности этот кристалл похож на крист. **58** и **61**. Картина световых рефлексов (фиг. 146) не требует пояснений. Фиг. 147 изображает ту же картину световых рефлексов в проекции на грань куба, а на фиг. 148 она

нанесена на комбинацию **cd**. Буквенные обозначения на перспективной картине световых рефлексов даны для ориентировки проекции и для того, чтобы облегчить чтение текста. Они соответствуют буквенным обозначениям полос в общей картине рефлексов (табл. 1, накладная фиг. 2).

Кристалл 63. Табл. 18, фиг. 125.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бразилия. Вес 30 мг. Бесцветный, чистый, прозрачный.

Похож на крист. **58** и **61**. На картине световых рефлексов (фиг. 125) замечаются (в увеличенном виде) красивый крест вокруг точки **c** и полосы **[B]**, т. е. те световые явления, которые вызываются ямками травления на гранях **c** и их штриховкой роста.

Кристалл 64. Табл. 20, фиг. 136; табл. 21, фиг. 143.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета. Найден, по всей вероятности, в Бразилии. Вес 35 мг. Мутноватый, желтоватый, просвечивающий.

Кристалл кубического облика, с блестящими округлыми гранями (**d**), которые уплощаются и переходят постепенно, без ребра, в грани **c**. Эти округлые грани покрыты мельчайшими следами бугорков травления.

Пограничная линия, которая в данном случае является ребром куба, почти прямолинейна и такая же резкая, как ребра додекаэдра. Из шести граней куба пять покрыты мелкими, неглубокими, сливающимися между собою ямками травления, на которых замечаются еще следы штриховки **cp**. Такие же ямки наблюдаются и на тех частях округлых граней **d**, которые соприкасаются с гранями **c**. Таким образом, получается впечатление, что грани (**d**) по мере роста всё больше вытесняют грани **c**, до полного их исчезновения и превращения в вершину. Такая несколько неправильная вершинка видна на рисунке на передней стороне нашего кристалла.

Генетически этот кристалл представляет собой тело растворения. Исходной формой является, повидимому, куб, возможно в комбинации с пирамидальным кубом. Схождение в одной точке пограничных линий и ребер около **p** указывает на то, что мы имеем здесь дело с потоком **p**, которому сопутствовали зональные потоки **pc**, а может быть и **pd**. Под действием этих зональных потоков пограничная линия потеряла свою округлость и превратилась в гребень растворения. Поток **c**, вытравивший ямки на гранях **c**, ослабел впоследствии и был вытеснен зональными потоками.

Картина световых рефлексов (фиг. 136). В **c** видны бледные полосы (**Å**), соответствующие ямкам травления, и кроме того — большие треугольные световые поля с пустыми зональными областями **pcp** и **pdp**. Это характерная картина растворения.

Кристалл 65. Табл. 20, фиг. 137; табл. 21, фиг. 144; табл. 23, фиг. 154, 155.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 80 мг. Бесцветный, просвечивающий.

Этот кристалл имеет вид комбинации **c** и (**d**); последняя форма переходит в пирамидальный куб с приближенным положением $\mathbf{e} = \frac{1}{2}0$. Грани (**d**) неровные, они покрыты большими неправильными бугорками травления, стыки которых образуют неправильную пограничную линию. Ребра додекаэдра острые, но волнистые. Местами наблюдаются глубокие бороздки, вызванные растворением.

На фиг. 154 изображена часть одной из граней (**d**) в увеличенном виде. Грани **c** покрыты ямками травления, стенки которых сложены изящными тонкими пластинками. На фиг. 155 изображен участок грани **c** с особенно изящным узором, зарисованный под микроскопом.

Картина световых рефлексов (фиг. 137) понятна без комментариев. Большим бугоркам травления соответствуют

овальные поля (**CE**), а ямкам на **c** — полосы (**K**), [**B**] и (**D**) и точка **p**. Нужно обратить особое внимание на то, что поверхностные образования, соответствующие точкам **p** и выходящим из них радиально полосам роста, нужно искать не на вершинах октаэдра, а в скульптуре граней **c**, в желобках и надпилах.

Такие же, как здесь, желобки и надпилы, но в увеличенном виде, наблюдаются на крист. **58** (табл. 21, фиг. 141), где они описаны более подробно.

Кристалл 66. Табл. 20, фиг. 138; табл. 21, фиг. 145.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 20 мг. Бесцветный, чистой воды, прозрачный.

Кристалл, по виду похожий на пирамидальный куб. Грани его округлые, очень блестящие, они отделены друг от друга острыми ребрами, сходящимися в одной общей вершине. В картине световых рефлексов (фиг. 138) им соответствуют яркие треугольные поля, середины которых занимают приблизительно положение $\frac{1}{3}0$. Эти грани переходят в волнистые грани (**d**) с их пограничными линиями, представленными здесь острыми, волнообразно изогнутыми ребрами куба с перпендикулярными к ним желобками стока. Граням (**d**) в картине световых рефлексов соответствуют расплывчатые поля (**CE**). Местами наблюдаются своеобразные полосы слегка округлых блестящих участков между гранями (**d**) и гранями пирамидального куба. Они образуют входящий угол с гранями пирамидального куба, и положение их отвечает приблизительно положению грани куба. В рефлексе им соответствует отчетливая и яркая полоса (**A**).

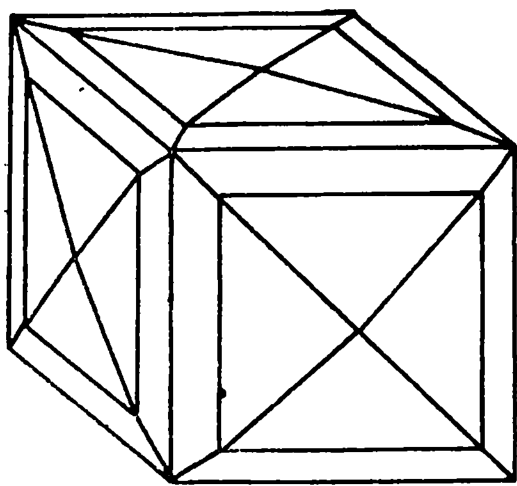


Рис. 77.
Bournon. Cat. 1815, tab. 5, fig. 83.

Этот кристалл представляет собою образование растворения, поля и полосы которого в картине световых рефлексов указывают на стадию сильного растворения. Исходной формой был, вероятно, пирамидальный куб.

Рис. 77 (по Бурнону) напоминает наш крист. **66**.

Кристалл 67. Табл. 23, фиг. 152.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета. Месторождение не известно (Бразилия?). Вес 50 мг. Жемчужно-серый.

Деформированный гексаэдр с гранями, покрытыми неправильными, почти прямоугольными ямками травления, стенки и штриховка которых параллельны ребру **ср**. По форме и картине световых рефлексов походит на крист. **58** и **62**.

Узкие закругления ребер куба образуют обычный перегиб на пограничной линии, бороздки стока пересекают кристалл перпендикулярно к этой линии.

Аналогичные образования мы видим на крисг. **65** (табл. 21, фиг. 144).

Интересны углубления на двух противоположных вершинах октаэдра; одно из них изображено на фиг. 152 (проекция на грань октаэдра). Это углубление имеет плоское треугольное основание **р** и шесть сторон, из которых три — прямолинейные — проходят в зоне **pd**, а три другие находятся в зоне **рс**, причем они округлые и волнообразные, потому что пересекаются вкось бороздками.

Аналогичные углубления (в уменьшенном виде) были описаны и изображены для граней октаэдра крист. **24**. Но на нашем крист. **67** масштаб стенок углубления значительно больше и они правильнее.

Картина световых рефлексов также походит на рефлексы, получаемые от углублений крист. **24** (табл. 8, фиг. 59); яркие

точки **p** с маленькими ореолами, яркие и длинные полосы [**D**] и [**B**]. Рефлекс этих образований типичен для образований чистого роста.

Возникает вопрос, рассматривать ли наши углубления как результат высверливающего растворения или считать их остаточными образованиями роста, сохранившимися на глубине растворяющего потока. На гранях октаэдра часто встречаются такие углубления роста. Изображение их можно найти также у Розе—Задебека (наш рис. 38, стр. 163).

Интересна величина углубления на нашем кристалле. Она свидетельствует в пользу высверливания. Ямки высверливания на месте октаэдра известны, хотя они и редки. Мы описали их для крист. **117**; изображение их дано на фиг. 246 табл. 36.

Кристалл 68. Табл. 23, фиг. 156.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 17 мг. Прозрачный, желтоватый.

Кристалл, имеющий облик почти шаровидного гексаэдра. Эта форма объясняется размывом алмаза, так же как в крист. **69** и **70**.

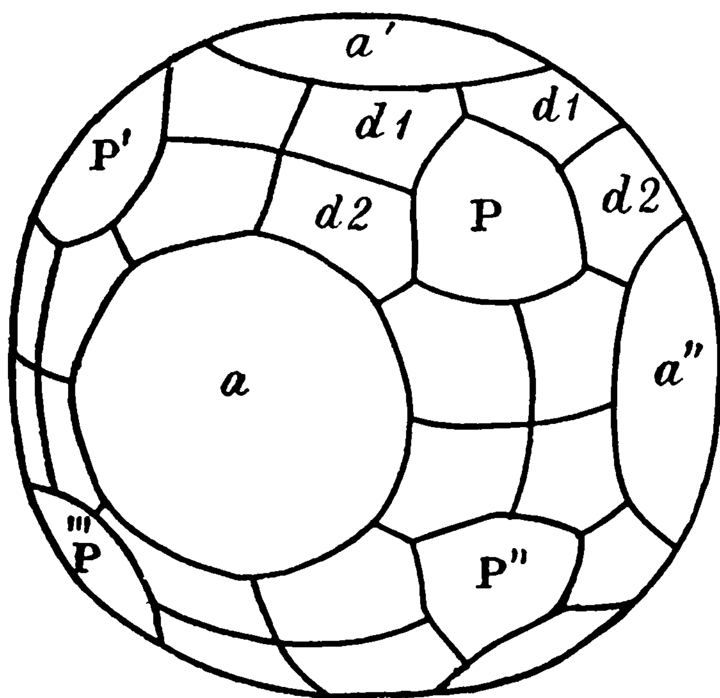


Рис. 78.
Philips Miner. 1823, 362.

Грани (**d**) округлые, без заметной пограничной линии, на вершинах они переходят в размытые округлые грани (**p**). Грани **c** немного входящие, с остатками пластинок роста. На рис. 78 изображен схематически кристалл, сходный с нашим кристаллом.

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **40** (табл. 13, фиг. 90).

Кристалл 69. Табл. 22, фиг. 150; табл. 23, фиг. 157.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия (?). Вес 130 мг. Чистой воды, прозрачный.

Кристалл 70. Табл. 23, фиг. 158.

Коллекция В. Гольдшмидта. Кимберлей (Южная Африка). Вес 45 мг. Чистой воды, прозрачный.

Самое замечательное в этом гексаэдрическом сильно изъеденном кристалле — большие ямки высверливания на гранях **c**, распространяющиеся почти до краев этих граней и очень глубокие в середине. В этих ямках наблюдается штриховка, обычная для подобных образований, но здесь она сильно размыта. Ребра куба представлены волнистыми по граничными линиями. На крист. **69** наблюдается множество неглубоких желобков стока, проходящих перпендикулярно к каждой из этих линий. На крист. **70**, наоборот, имеется только один глубокий желобок или 2—3 желобка на середине ребра. Эти желобки делят крист. **70** на восемь октантов. Такое деление куба на октанты мы будем называть в дальнейшем шнуровкой. Грани (**d**) образуют узкие полоски на ребрах куба. Эти полоски делятся пограничной линией на две почти параллельные полоски (**d**) и ($\mathbf{d}^1$) которые пересекаются желобками стока. Пограничная линия между (**d**) и ($\mathbf{d}^1$) похожа на пограничную линию крист. **66** и происхождение их, по всей вероятности, одинаковое. Такие двойные полоски мы увидим снова в двойниковом крист. **121.**

Картина световых рефлексов (фиг. 150) состоит из полос (**D**) и множества отдельных дуг, которые могут быть обозначены как полосы (**E**). Эти дуги имеют характер краевых дуг и образуют вместе с полосою [**B**] перистый узор. Аналогичный перистый узор мы наблюдаем в крист. **73** (табл. 24, фиг. 160). Картина световых рефлексов, изображенная на фиг. 150, относится к крист. **69**, она походит на картину световых рефлексов крист. **70**.

В нашем распоряжении имелся еще один кристалл (из коллекции В. Гольдшмидта), сходный с этими двумя как по внешнему облику, так и по рефлексам.

Кристалл 71. Табл. 22, фиг. 151; табл. 23, фиг. 159.

Коллекция Естественно-исторического придворного музея в Вене (F. 5420). Бразилия. Вес 30 мг. Чистой воды, прозрачный.

Исключительно правильный и красивый гексаэдр, с округлыми ребрами и ямками высверливания кубической формы. Пограничная линия представлена здесь ребром куба. Она имеет перегиб в середине, обусловленный входящим ребром,

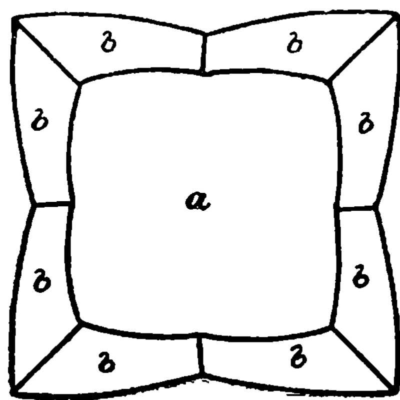


Рис. 79. Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin., 1876, Taf. 3, Fig. 37. (Бразилия).

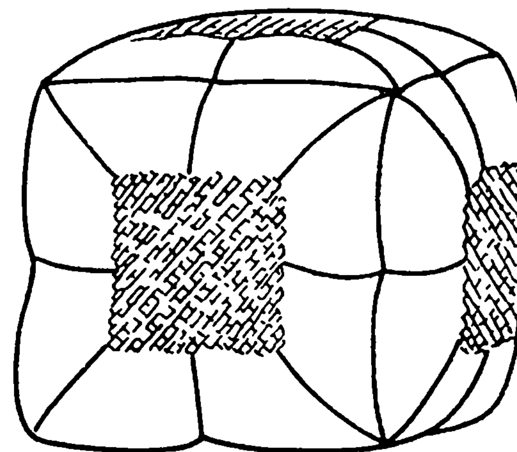


Рис. 80. P. Groth. Strassb. Samml. 1878, Taf. 1, Fig. 7; описание на стр. 7. (Бразилия)

перпендикулярным к этой линии. Этот перегиб, который повторяется на всех ребрах куба, образует пережимы (шнуровку) в трех плоскостях гексаэдра, окружая весь кристалл. Подобная шнуровка была описана Розе—Задебеком и Гротом, причем последний объяснял ее двойниковым прорастанием. Их изображения воспроизведены на наших рис. 79 и 80. Эта шнуровка придает кристаллу вид пакета, перевязанного шнурком.

Еще один, третий тип округлых ребер выходит из точки октаэдра в направлении ребер додекаэдра. Эти ребра трех родов создают впечатление ложного сорокавосьмигранника.

Округлые грани покрыты уплощенными вследствие размыва бугорками травления, которые настолько малы и плоски,

что их можно разглядеть отчетливо только под микроскопом. На середине граней куба наблюдаются глубокие, исключительно правильные углубления, четыре стенки которых сходятся, образуя входящую вершинку, однако они не отвечают ни одной из типичных форм. Они резко выражены, прямолинейны, со штриховкой в зоне **pcp**, и ограничены краями, состоящими из октаэдрических пластинок. Это — образования роста, возникшие в ямке высверливания. В картине рефлексов (фиг. 151) им соответствуют четыре яркие прямолинейные полосы [**B**]. Соответствующие округлым граням световые поля (**CE**) имеют здесь исключительно прямолинейное ограничение; они треугольные, причем одна вершинка обращена к полюсу. Между ними видны широкие пустые области вокруг точек **p** и зональные области в направлении **pcp** (**B**) и **pdp** [**D**], которые соответствуют ребрам. Это типичная картина тела растворения.

Генетически этот кристалл может быть истолкован следующим образом. Исходным телом можно считать куб. Поток **c** высверлил ямки в гранях куба, и после этого стекал в направлении **cd** по боковым бороздкам (входящим ребрам). Затем возник поток в вершинах **p**; назовем его потоком **p**. Кроме того, нужно допустить существование зональных потоков **pc** и **pd**, действием которых обусловлено образование гребней, выходящих из вершины **p** и направляющихся к ребрам **c** и **d**.

Схождение этих гребней в общей точке на вершине **p** указывает, что они являются гребнями растворения, а точка **p** вершиной растворения.

Рассмотрим подробнее еще некоторые детали строения крист. **71**. Они имеют общий интерес, так как поясняют некоторые процессы растворения на кристаллах алмаза. Иллюстрацией может служить наш рис. 81.

Мы видим, что в каждой точке октаэдра нашего крист. **71** (фиг. 159) сходятся шесть гребней. Эти шесть гребней относятся к двум разным типам.

1. Одни из них, **B** (рис. 81) на месте зональных областей **pcp**, имеют характер гребней растворения.

2. Другие, **D** на месте зональных областей **pdp**, являются одновременно и пограничными линиями и гребнями растворения. В качестве пограничных линий они известны на большей части алмазов. Однако в нашем случае (крист. **71**) характер их несколько изменился в связи с развивающимся растворением. Все они одинаково резко выражены и сходятся в точках **p**.

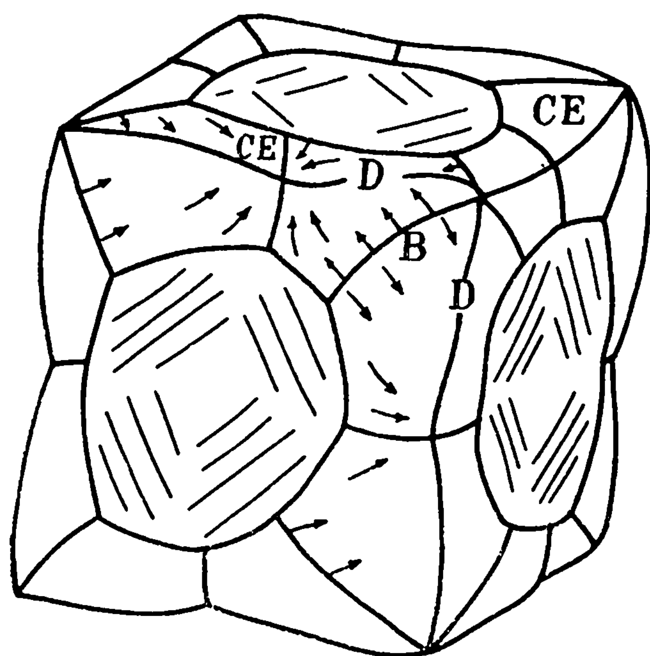


Рис. 81.

Происхождение их здесь двоякое: это — пограничные линии, исходящие из **c**, и в то же время это — гребни растворения, образованные потоком **pd**; а может быть, они являются также краевыми линиями между двумя потоками **pc**.

Наряду с шестью выступающими гребнями, выходящими из всех вершин **p**, в этом кристалле наблюдаются еще ребра третьего рода: входящие гребни (желобки) **CE** (рис. 81).

Эти бороздки проходят вкось через грани (**d**), от одной ямки **c** до другой, и их нужно рассматривать как пути стока потока **c**. Одновременно они являются и бороздками растворения предполагаемого потока **cdc**. В пользу такого предположения говорит острота входящего гребня. Бороздки стока должны быть представлены здесь сглаженной впадиной, как в крист. **70**.

Входящие гребни **CE** имеют еще третье значение. По ним не только стекают потоки **c**, в них сталкиваются одновременно текущие с двух сторон зональные потоки **pc**. Эти потоки **pc** отклоняются потоками **c** и получают одинаковое с ними направление; характер отклонения потоков изображен схематически на рис. 81.

В крае ямок **с** соответствующая часть зонального потока **рс** соединяется с потоком **с** и увлекается им в глубину ямок высверливания. Весьма интересно, что на месте входа в ямку **с** гребень **В** (рис. 81) несколько углубляется, становится входящим, тогда как около **р** он выступающий (что вполне отвечает нашему истолкованию).

Штриховка роста на стенках ямок **с**, параллельная краям октаэдрических пластинок, делит ямку высверливания на четыре поля, которые сходятся в глубине, образуя вершинку. Линии стыка этих полей неправильные, и можно определить их как пограничные. Что эти линии не являются путями стока, доказывается их несовпадением с желобками **СЕ** (фиг. 159).

Исходным телом крист. **71** является, по всей вероятности, куб.

Поверхность кристалла отражает следующие процессы генезиса.

Под действием высверливающего потока **с** на грани куба образовались обычные ямки. В процессе дальнейшего растворения они углубились и слились затем в одну большую ямку высверливания. Сток через ребро вызвал здесь образование желобков стока. Одновременно растворяющий поток привел к образованию шести гребней **В** и **D** в вершинах **р**, и, стекая по граням куба, он округлил их по обе стороны ребер.

На ребре (**D**), по которому происходил сток, мелкие желобки соединились в главный желобок **СЕ**, в середине ребра. Этому содействовали потоки, притекавшие сбоку от **р** и его гребней. Глубокие и широкие бороздки стока (**СЕ**) наблюдаются на наших крист. **73** (табл. 25, фиг. 166) и **107** (табл. 31, фиг. 217).

Развитие обоих процессов — высверливания в **с** и округления в полях, начинающихся в **р**, — привело к образованию такого тела, каким является наш крист. **71**. В глубине ямок высверливания начались рост и регенерация.

Кристалл 72.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Этот кристалл похож на крист. **71**, однако не так красив и не имеет такой правильной формы.

Кристалл 73. Табл. 24, фиг. 160; табл. 25, фиг. 166.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 40 мг. Чистый, прозрачный, с легким желтоватым оттенком.

На фиг. 166 приведено по возможности близкое к натуре изображение головки этого чрезвычайно интересного кристалла. На рисунке видна одна грань куба и окружающая ее часть кристалла. Остальные пять граней куба аналогичны этой. Кристалл имеет вид очень блестящего куба, вершины которого заняты восемью гранями октаэдра. Эти грани связаны с плоскими гранями куба округлыми додекаэдрическими гранями (**d**).

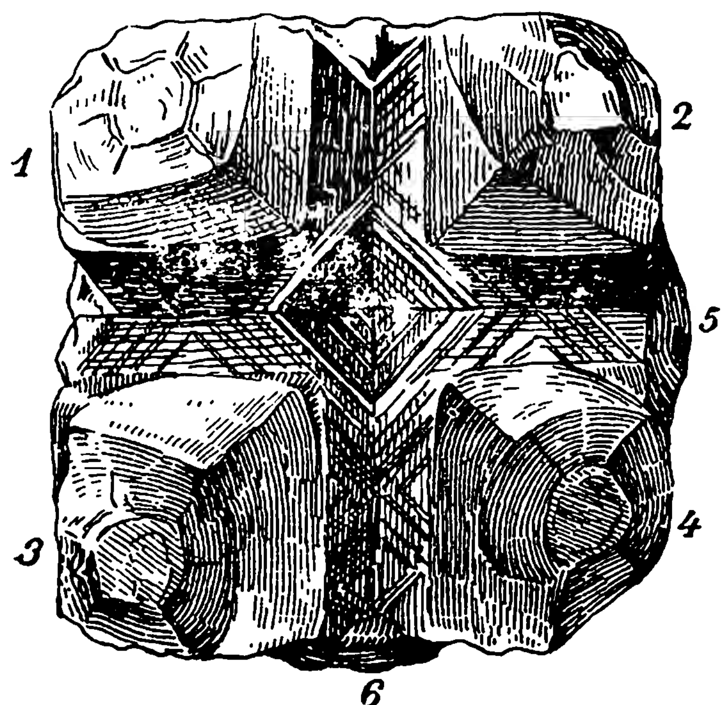
Грани **p** имеют неправильные границы; они блестящие, сложены из пластинок, и на них наблюдаются штриховка роста и фигурки роста. Образование этих граней закончилось стадией роста. На изображении головки округлые грани (**d**) имеют вид четырехгранных пирамид, ограниченных с одной стороны гранями **p**; с другой стороны они круто падают на плоские участки граней **c**. Это — *образования растворения*.

Грани **c** образуют крест, концы перекладин которого переходят в зоны **cdc**. На скрещении имеется ямка, на стенках которой пластинки образуют прямолинейную штриховку в зоне **pc**. На концах креста также наблюдается штриховка, обусловленная пластинчатостью. Все эти штриховки представляют собою *образования роста*.

Прекрасная и яркая картина световых рефлексов (фиг. 160) дополняет наше описание. Яркие точки **p** и резкие полосы [**D**] соответствуют граням октаэдра и их фигурам роста.

Полосы [**B**], пересекаемые пограничными дугами, и яркие полосы (**A**) относятся к граням с исштрихованным углублением, полосы (**D**) — к округлым граням додекаэдра (**d**).

Генетически мы имеем здесь законченное образование; его можно истолковать как р е г е н е-





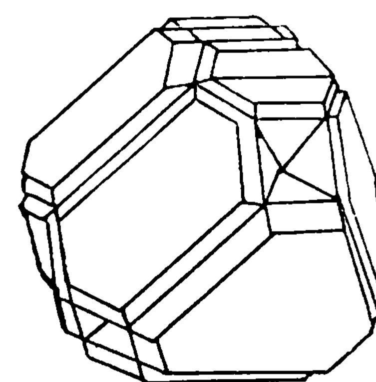


Рис. 82. Рис. 83. Рис. 84. (Идеализировано

J. Hirschwald, Zeitschr. Krist., 1877, **1**, Taf. 6, Fig. 1—3.

р и р о в а н н о е тело, испытавшее сильное растворение. На крист. **70, 71** и на некоторых других кристаллах видно, что при растворений гексаэдры могут разделиться на восемь октантов вследствие высверливания в середине **c** и надпилов, связанных с желобком стока в середине граней куба. Наш крист. **73** можно понимать как регенерацию такого тела растворения с глубокими надпилами и ямками высверливания, выразившуюся в образовании октаэдрических и кубических пластинок роста.

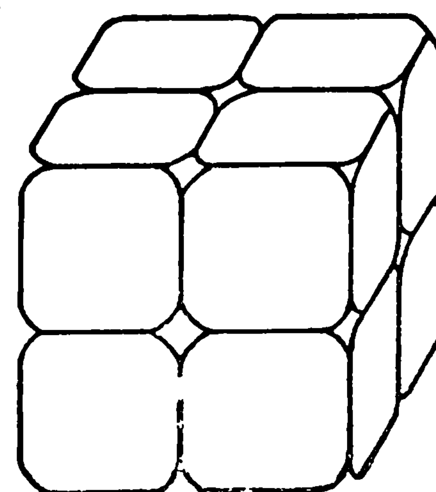


Рис. 85.
Bournon. Cat. 1815, tab. 5, fig. 89.

Интересно отметить здесь рост плоской грани **c**, в то время как на гранях (**d**) не наблюдается никаких признаков роста.

Аналогичный кристалл был описан Н. Гиршвальдом. На наших рис. 82—84 приводятся изображения, заимствованные из его работы.

Рис. 85 воспроизводит изображение из работы Бурнона, которое поясняется описанием нашего крист. **73**.

Е. Образования с отчетливо выраженной гемиэдрией

Крист. **74—81**

Гемиэдрия алмаза установлена бесспорно в процессе данных исследований. Нижеописанные фигуры травления также являются подтверждением этого факта.

Гемиэдрия проявляется по-разному. В крист. **75** и **76** (табл. 25, фиг. 168 и 169) на месте одного тетраэдра находятся образования роста, а на месте другого — образования растворения. На этом основании можно притти к выводу, что названные два тетраэдра отвечают граням растворения разного порядка. Соответственно, на крист. **74** (табл. 25, фиг. 167) в одной вершинке тетраэдра наблюдаются пластинки роста, а в других они отсутствуют. На крист. **78** (табл. 25, фиг. 171) один тетраэдр маленький, с округлыми пластинками, а другой — большой, с ямками травления.

По разной степени их растворения можно различать положительный и отрицательный тетраэдры. Пока не будет проведено такого разделения, названия „положительный" и „отрицательный" будут совершенно произвольными. Однако для такого разделения требуется специальное изучение этого вопроса.

Гемиэдрия проявляется особенно наглядно в картинах световых рефлексов (табл. 24, фиг. 161—165; табл. 26, фиг. 176 и 178).

В отношении искаженных кристаллов требуется большая осторожность, и гемиэдрию таких кристаллов можно считать доказанной только в том случае, когда картины их световых рефлексов совпадают во всех направлениях с со-

ответствующими световыми картинами правильно образованных алмазов.

Кристаллы, подобные изображенным на рис. 86 и 87, не встречались в нашем материале, но в коллекции Дрезденского городского музея имеется образец, похожий на экземпляр, изображенный на рис. 86.

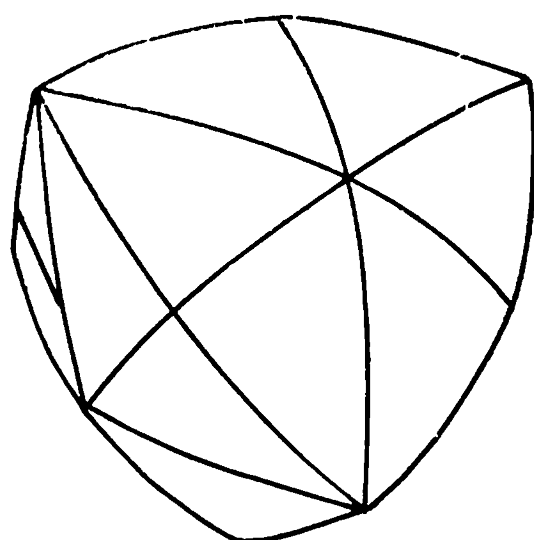


Рис. 86.
C. F. Naumann. Krist. 1830, 2, Taf. 25, Fig. 545.

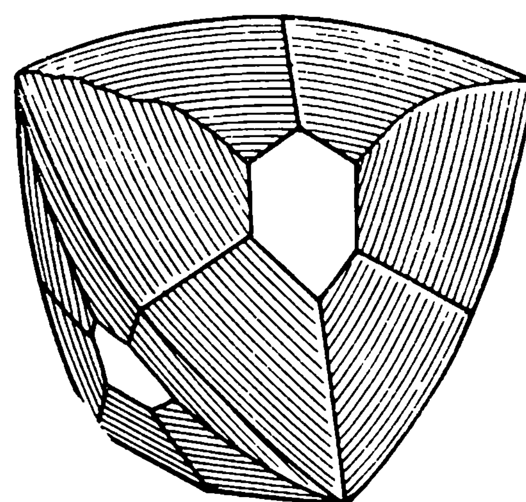


Рис. 87.
N. Story-Maskelyne. Cristallogr. 1895, 226, fig. 114.

Кристалл 74. Табл. 24, фиг. 161; табл. 25, фиг. 167; табл. 26, фиг. 173.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 30 мг. Чистой воды, прозрачный, со слабым желтоватым оттенком.

Правильно образованный кристалл, в котором отчетливо проявляется гемиэдрия. Схематическое изображение его дано на рис. 88.

Округлый додекаэдр (**d**) с обычной пограничной линией, бугорки травления сглажены размывом и образуют слегка волнистую продольную штриховку. На вершинах $+\mathbf{p}$ (т. е. $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$, $\underline{\mathbf{p}}^2$ и $\underline{\mathbf{p}}^4$) видны еще остатки маленькой округлой грани тетраэдра, окруженной с шести сторон краями пластинок. В противоположность вершинам $+\mathbf{p}$, вершины $-\mathbf{p}$ (т. е. $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, $\underline{\mathbf{p}}^1$, $\underline{\mathbf{p}}^3$) острые.

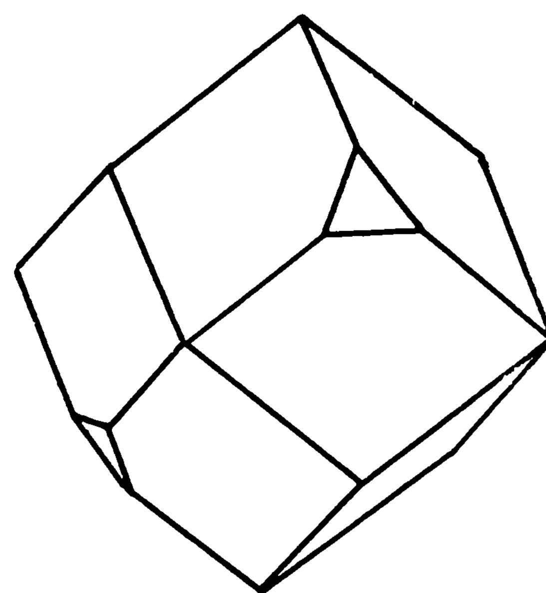


Рис. 88.

На своеобразной картине световых рефлексов (фиг. 161) на месте $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ и зоны [$\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$] видны пустые поля. В $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ наблюдаются обычные полосы (**D**). Однако эти последние доходят только до середины, т. е. до места **d**.

В этом месте наблюдается своеобразная картина световых рефлексов, состоящая из измененных световых полей (**CE**), связанных между собою через **d** нитевидными световыми полосками. Такая картина световых рефлексов отвечает обычно размыву.

В целом получается картина чистого растворения, состоящая из двух неоднородных частей, в соответствии с тетраэдрической гемиэдрией. Световые поля, покрытые паутиной световых нитей, имеют несколько необычный вид. Границы их проявляются резче, а световые нити на границе ярче обычного, причем нередко они образуют параллельные пучки. На поверхности им соответствуют блестящие вытянутые выпуклости, сходные с крист. **83** и **85**; они меньше, чем на крист. **83**, и больше, чем на крист. **85**. Происхождение их одинаковое. Распределение световых полос иллюстрируется перспективной проекцией их на додекаэдр (фиг. 173).

Генетически эти явления можно объяснить следующим образом. Процесс размывания воздействовал на додекаэдрический кристалл (сходный с крист. **23**; табл. 9, фиг. 66) с продольной штриховкой и бугорками травления, которые давали в картине световых рефлексов полосы (**D**), связывающие $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^2$, вероятно, с остаточными гранями по крайней мере о д н о г о тетраэдра. В результате растворения бугорки травления были смыты в $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ и на месте их образовались блестящие округлые утолщения, которым соответствует расщепленный рефлекс около **d**.

В $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ — вершинах наиболее сильного роста — в результате этого растворения и растворяющего действия, исходящего из **c**, бугорки травления преобразовались, испытав лишь незначительный размыв, и в картине световых рефлексов расширились полосы (**D**). Мы наблюдали в других кри-

сталлах, что с развитием растворения и размыва полосы (**D**) постепенно укорачиваются и сгущаются в середине, образуя световые поля (**CE**). (Примером являются крист. **31, 32, 64**). В этой стадии в нашем кристалле наблюдаются тетраэдрические вершинки $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, между тем как вершинки $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$ наблюдаются в стадии, соответствующей крист. **27** (табл. 11, фиг. 75).

Кристалл 75. Табл. 24, фиг. 162; табл. 25, фиг. 168 (с накладной фигурой); табл. 26, фиг. 174.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия), Вес 15 мг. Чистой воды, прозрачный.

Прекрасный кристалл тетраэдрического облика. Грани $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$, $\underline{\mathbf{p}}^2$, $\underline{\mathbf{p}}^4$ зеркально-блестящие, без всяких признаков скульптуры, по краям их наблюдается штриховка, представленная тонкими пластинками. Благодаря этому получаются почти плоские участки граней, имеющие вид вицинальных граней октаэдра. Эта штриховка оконтурена тонкими ребрами, наглядно показанными на накладной фиг. 168. Характер этих ребер становится более понятным при сравнении их со схематической фиг. 174 табл. 26. На накладной фиг. 168 мы видим, что грань октаэдра $\mathbf{p}^1$ ограничена восемью гранями. Шесть из них представляют собою грани додекаэдра с перегибом на пограничной линии: это грани $\mathbf{d}^1$, $\mathbf{d}^2$, $\mathbf{d}^3$, $\mathbf{d}^4$, $\mathbf{d}^7$, $\mathbf{d}^8$, цифровые индексы которых соответствуют таковым на фиг. 174. Остальные две грани отвечают штриховке в зоне [$\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$] и [$\mathbf{p}^1\mathbf{c}\underline{\mathbf{p}}^2$], на накладной фиг. 168 они обозначены буквой **B**.

Грани второго тетраэдра $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, $\underline{\mathbf{p}}^1$, $\underline{\mathbf{p}}^3$ отсутствуют, или они проявляются в виде небольших притуплений наподобие шестигранных пирамид, как в крист. **104** (фиг. 222), где они описаны более детально. Ребра этих пирамид представлены попеременно ребрами додекаэдра и тонкими пограничными

линиями. На накладной фиг. 168 и на фиг. 174 ребра додекаэдра изображены прямыми, а пограничные линии — волнистыми. Грани пирамид блестящие, округлые, переходящие постепенно (без резких границ) в образования роста плоскогранного тетраэдра.

В картине световых рефлексов (фиг. 162) наблюдается тетраэдрическая гемиэдрия. Около $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ видны резкие полосы [**B**], отвечающие пластинкам роста в зоне [$\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$], и одновременно отчетливые пары полос (**D**) (отвечающие гранкам), которые достигают точки **d** в центре. Там они разветвляются, образуя сетчатый узор тонких световых нитей, отвечающий округлым блестящим образованиям между пирамидами (в $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$) и плоским граням тетраэдра (в $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$). Эта часть картины световых рефлексов походит на фиг. 161. Возле $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ картина аналогична, но все полосы короче, у́же и бледнее.

Как генетически, так и по форме крист. **75** близок к крист. **76**. Это образование стоит на границе между ростом и растворением. Мы видим здесь ясно выраженное растворение в зоне [**cdc**] и отчетливо выраженный рост вокруг $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ и в более узкой области вокруг $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$, а также в зоне [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$], и более слабые его проявления в зоне [$\mathbf{p}^2\mathbf{p}^4$].

Здесь наблюдается такое же действие роста и растворения, как в голоэдрическом кристалле, однако оно несколько изменено вследствие исходной тетраэдрической формы кристалла, а также потому, что $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ менее благоприятствуют росту, чем $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$.

Эти односторонние влияния привели к отклонению растворяющего потока **c** в направлении $\mathbf{p}^2$. Вместо того чтобы следовать по обычному пути в направлении **d** (как показано на рис. 89), этот поток отклоняется в сторону $\mathbf{p}^2$, где условия более благоприятны для роста, чем для растворения. Отклонением потока в направлении слабо выраженной грани $\mathbf{p}^2$ обусловлено заострение пирамид. Однако на вершинах их сохранились всё же маленькие грани **p**.

Исходной формой нужно считать комбинацию большого тетраэдра $\mathbf{p}^1$ с маленькими $\mathbf{p}^2$ (возможно также — с притуплениями **c**). (Ср. рис. 95, стр. 232).

Аналогичный кристалл был детально описан Вейсом, который приводит также его схематическое изображение. Наш рис. 90 воспроизводится по работе этого автора.

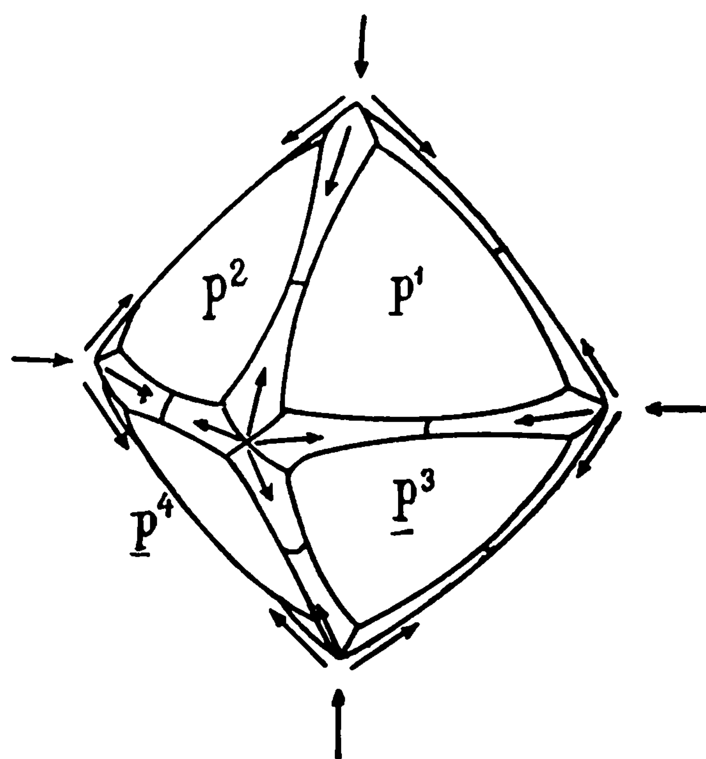


Рис. 89.

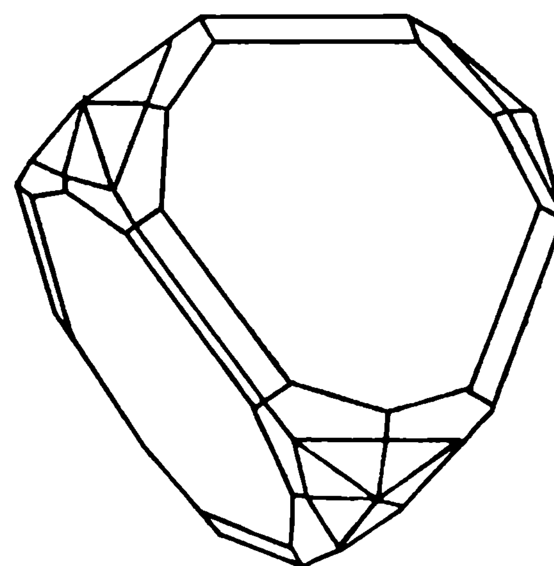


Рис. 90.
Chr. E. Weiss, N. Jahrb. Miner., 1880, 2, Taf. 1, Fig. 5. (Южная Африка).

Кристалл 76. Табл. 24, фиг. 163; табл. 25, фиг. 169.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 10 мг. Чистой воды, прозрачный.

Прекрасный и интересный кристалл, тетраэдрический облик которого ясно виден на фиг. 169.

Грани одного тетраэдра $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$, $\underline{\mathbf{p}}^2$, $\underline{\mathbf{p}}^4$ очень блестящие, с редкими неглубокими треугольными фигурками роста. Эти большие плоские грани имеют острые края и выступают над гранями растворения.

На месте граней другого тетраэдра $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, $\underline{\mathbf{p}}^1$, $\underline{\mathbf{p}}^3$ мы видим шестигранную вершинку растворения, подобную тем, которые мы наблюдали в вершинах образований растворения кубического облика, как, например, в крист. **58** (табл. 21, фиг. 141).

Тогда мы пришли к выводу, что в этом месте имелась вершинка уже в исходном теле. Здесь мы должны притти к такому же заключению и допустить, что исходным телом был тетраэдр с гранями $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$, $\underline{\mathbf{p}}^2$, $\underline{\mathbf{p}}^4$, в котором грани $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, $\underline{\mathbf{p}}^1$, $\underline{\mathbf{p}}^3$ отсутствовали или же были очень маленькими (см. схематический рис. 96, стр. 232).

Поверхность этой вершинки растворения (например у $\mathbf{p}^2$) представлена округлыми гранями (**d**) (гранями растворения),

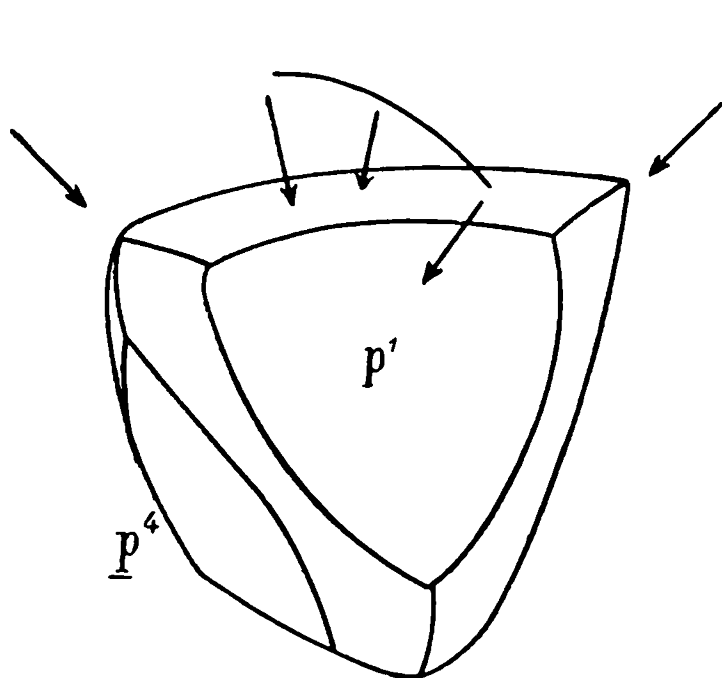


Рис. 91.

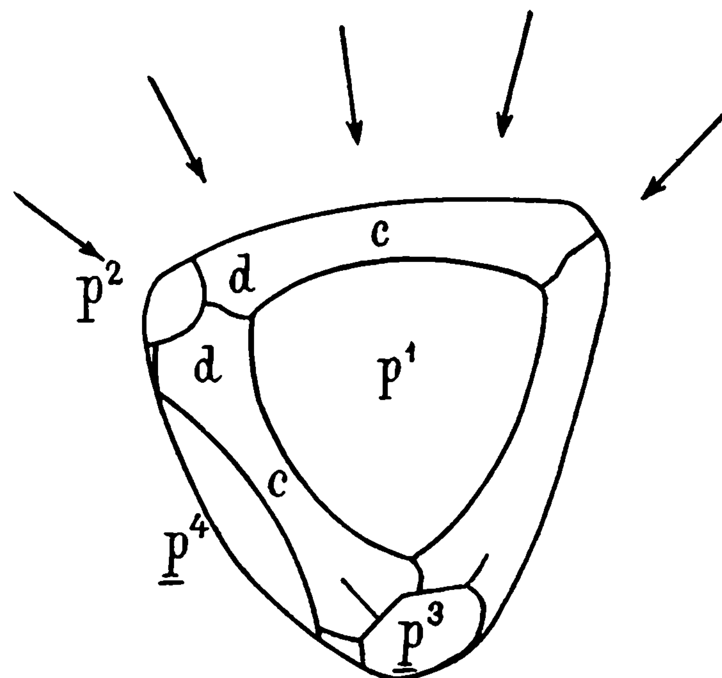


Рис. 92.

ограниченными неправильными ребрами додекаэдра и пересекаемыми обычной пограничной линией. Ориентировка облегчается штриховкой, параллельной длинной диагонали граней (**d**) и состоящей из рядов бугорков травления.

Особенно интересны ребра тетраэдра. На рис. 91 и 92 видно, что ребро $\mathbf{p}^1\underline{\mathbf{p}}^4$ имеет вид желобка, а ребро $\mathbf{p}^1\underline{\mathbf{p}}^3$ имеет вид округлой выпуклости, с небольшими углублениями на границе с плоскими гранями **p**.

Крист. **76** походит на крист. **75**. Его образование поясняется накладной фиг. 168 (крист. **75**) и рис. 89, 91, 92.

Различие между крист. **75** и **76** объясняется, по всей вероятности, разным обликом исходных тел. В крист. **76** имеем чистый тетраэдр $+\mathbf{p}$, а в крист. **75** — большие грани $+\mathbf{p}$

с маленькими гранями —**p**. В чистом тетраэдре растворение началось в —**p** и **c**; кроме того, здесь сказывалось растворяющее действие потока **t**, стекавшего по ребру тетраэдра $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^4$. Одновременно происходил рост в плоскости $\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$, которым обусловлены штриховки пластинчатости, параллельные ребрам, и выпуклость около **c**.

На рис. 92 дело обстоит точно так же, только здесь добавляется растворяющий поток **cd**, который вклинивается между большой гранью $\mathbf{p}^1$ и маленькой $\mathbf{p}^2$ и встречается с потоком **t**, стекающим по ребру тетраэдра.

На прекрасной картине световых рефлексов (фиг. 163) видны яркие точки в $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ и прямые полосы роста [**B**], отвечающие напряжению роста в зональной плоскости $\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$. Полосы [**B**] разветвляются поблизости от **c** и поворачивают в сторону $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$. Там они теряют свой характер образований роста под действием растворяющего потока в зоне $\mathbf{p}^2\mathbf{p}^4$. Этот переход весьма интересен. Аналогичные явления наблюдаются и на других кристаллах, как, например, на крист. **103**, **104**, но редко этот процесс проявляется так наглядно, как в данном случае.

Около $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ наблюдаются пустые узловые области и зональные дуги (**D**) с пустыми зональными областями **pd** и **pc** между ними. Пустая зональная область $\mathbf{p}^2\mathbf{c}$ протягивается через полюс **c** до $\mathbf{p}^4$.

Здесь замечательно наглядно представлен контраст между рефлексами образований роста и растворения: первые — в октантах $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$, вторые — в октантах $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$. Если повернуть картину роста $\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$ на 90° вокруг полюса **c**, то линии и точки $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$ попадут совершенно точно в пустую зональную область образования растворения $\mathbf{p}^2\mathbf{c}\mathbf{p}^4$.

Нужно подчеркнуть, что ребра тетраэдра имеют здесь вид ж е л о б к о в, так же как ребра октаэдра на крист. **101**—**105**. Не может быть и речи о том, что в нашем тетраэдрическом кристалле эти бороздки образовались в результате двойникования. Таким образом, можно считать доказанным,

что сами по себе бороздки на ребрах не являются решающим критерием для установления двойникования в алмазе.

Кристалл 77. Табл. 24, фиг. 164; табл. 25, фиг. 170 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно (вероятно Южная Африка). Вес 13 мг. Серый, просвечивающий, пронизан трещинками.

В этом кристалле мы видим чрезвычайно интересное явление, которое наблюдается приблизительно в одинаковой форме в пяти кристаллах из одной партии борта.

На верхнем ребре тетраэдра находится острый гребень, склоны которого падают в направлении граней тетраэдра $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$. Эти грани присутствуют в кристалле; пластинчатость придает им штриховку, параллельную ребру. В $\mathbf{p}^1$ находится плоский участок грани с резко выраженными, но округлыми ребрами и большой треугольной фигурой роста.

Обе исштрихованные грани тетраэдра $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$ образуют седловидную впадину, в которой гребень и штриховка следуют по ребру тетраэдра. Штриховка, обусловленная пластинками роста, становится менее резкой в направлении полюса и загибается по краям. Вследствие этого она теряет свой характерный облик, присущий образованиям роста. Соответственно и резкие полосы роста $\mathbf{p}^1\mathbf{c}$ и $\mathbf{p}^3\mathbf{c}$ в картине световых рефлексов (фиг. 164) разветвляются в направлении полюса.

По обе стороны седловидной впадины, на месте граней $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ наблюдаются головки с вершинками растворения, гребнями, пограничными линиями и холмиками травления наподобие существующих в крист. **74, 76** и др. В картине световых рефлексов им соответствуют криволинейные полосы (**D**) с заключенными между ними пустыми зональными и узловыми областями.

Особенно интересна седловина с гребнем и штриховкой. Постараемся истолковать ее происхождение, для чего нужно сравнить крист. **77** с крист. **75** и **76**.

Во введении (стр. 87) мы говорили о гребнях разъедания и о желобках разъедания. В крист. **76** мы видим желобок разъедания, а в крист. **77** — гребень разъедания. В обоих разъедание имеет одинаковое направление.

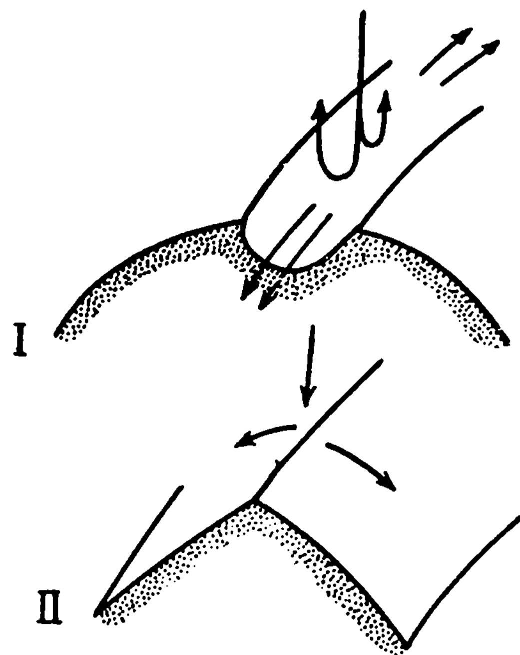


Рис. 93.

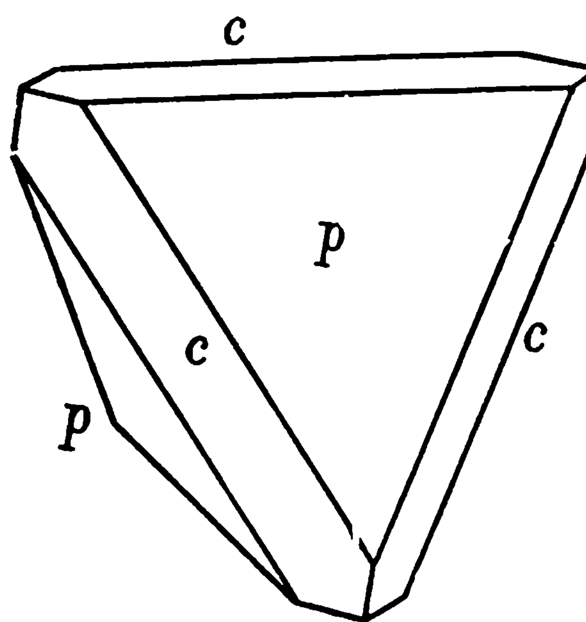


Рис. 94.

В желобке (рис. 93, *I*) сток происходит в обратном направлении, в направлении разъедания и одновременно вдоль по желобку. В гребне, наоборот, сток направлен перпендикулярно к гребню и переходит через его стенки (рис. 93, *II*).

Рис. 93, *I* может перейти в *II*. Образуется ли гребень или желобок — это зависит от формы исходного тела, от силы и растворяющей способности потока и от сопротивления сил, обусловливающих рост на гранях.

Остается проверить, может ли вообще желобок разъедания образоваться на ребре или образование его приурочено только к грани (возможно ложной грани), между тем как гребень разъедания образуется предпочтительно на ребре.

Если это так (а это весьма вероятно), то следует допустить, что:

исходным	телом	крист.	**77**	является	комбинация	**pc**	(рис. 94)
„	„	„	**75**	„	„	**pp'c**	(рис. 95)
„	„	„	**76**	„	тетраэдр	**p**	(рис. 96)

В крист. **75** и **76** грани тетраэдра **p**[1] и **p**[3] выступающие, между тем как в нашем крист. **77** они входящие, но несмотря на это на них имеются образования роста. Такая разница объясняется опять-таки разным характером потока для желобка и гребня.

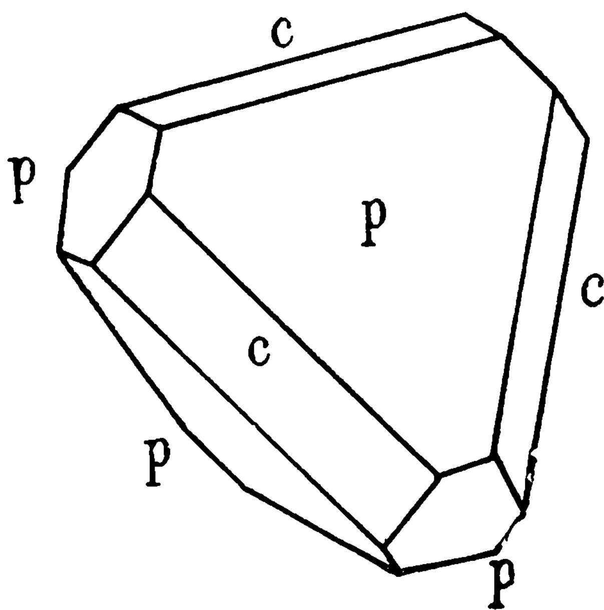


Рис. 95.

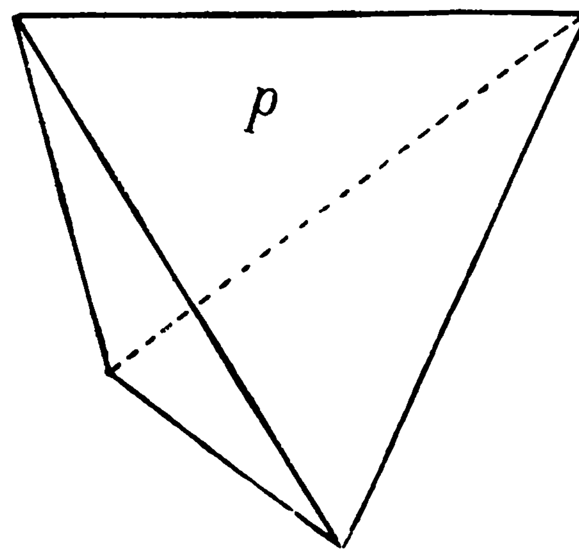


Рис. 96.

Сток по желобку **c** и обратный поток, перпендикулярный к **c**, не затрагивают грань **p**. Ее рост мог продолжаться, и грань могла стать плоской. Двусторонний сток в седловину, перпендикулярно к гребню, размывал грани **p**[1]**p**[3], пока растворяющий поток не стал нейтральным и не начал отлагать материал на размытых склонах седловины, тем самым положив начало образованиям роста.

От головок к обеим сторонам седловины проходят пограничные линии, происхождение которых обусловлено потоками в направлении седловины и внутри нее. Этим объясняются отдельные детали строения данного кристалла.

Картина световых рефлексов (фиг. 164) соответствует образованиям на поверхности. Она походит на картину световых рефлексов крист. **75** (фиг. 162) и становится понятной, если вспомнить объяснение этой последней.

Нужно также сравнить между собой накладные фигуры крист. **75** и **77** и сопоставить их со схематической фиг. 174.

Кристалл 78. Табл. 24, фиг. 165; табл. 25, фиг. 171; табл. 26, фиг. 175 (ср. табл. 42, фиг. 279).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя́ (Бразилия). Вес 20 мг. Винно-желтого цвета, просвечивающий.

Кристалл тетраэдрического облика, слегка уплощенный по одной из граней октаэдра. Рельеф поверхности сглаженный, ребра округлые, очень блестящий. Кристалл имеет „зализанный“ вид.

Грани $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ покрыты изящными ямками травления. В проекции схематического рисунка (фиг. 171) показано только несколько подобных ямок. На фиг. 279 табл. 42 изображены две такие ямки, зарисованные под микроскопом. Они треугольные и по форме сходны с ямками крист. **131** (табл. 43, фиг. 292). С глубиной стенки ямок сближаются, образуя вершину, или же они срезаны внизу трех- или шестисторонней плоской гранью (**p**).

На маленьких гранях $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ наблюдаются следы размытых блестящих округлых образований, состоящих из положенных друг на друга пластинок.

Картина световых рефлексов (фиг. 165) характерна, с одной стороны, для тетраэдрической гемиэдрии, с другой — для размытых образований. В связи с размыванием полосы [**D**] и [**B**] расслоены так же, как на крист. **46** (табл. 16, фиг. 108). Узловые точки **p**. также расплылись в систему световых нитей.

В соответствии с гемиэдрией зональные ответвления, исходящие из $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$, — короткие, а исходящие из $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ — длинные. Особенно важна протягивающаяся от $\mathbf{p}^1$ к $\mathbf{p}^3$ и состоящая из ряда параллельных полос зональная полоса, ко-

торая расширяется в середине, около **c**, и образует вместе с некоторыми ответвлениями изгиб в направлении $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$. Эта полоса соответствует характерному для тетраэдра длинному ребру между гранями $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$. Полоса между $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ отсутствует.

Для ориентировки можно воспользоваться проекцией картины световых рефлексов на фиг. 175.

Как в крист. **46**, так и здесь можно допустить, не без основания, что исходное тело немногим отличалось по внешнему виду от нашего кристалла и что растворение только сгладило и округлило грани, ребра и вершины и привело к образованию ямок травления.

Рефлекс ямок травления представлен шестиконечной звездой, лучи которой совпадают с полосами [**B**] и [**D**].

Весьма поучительные результаты были получены при сравнении картины световых рефлексов крист. **78** с картиной октаэдрического алмаза, протравленного расплавом калиевой селитры (о чем речь будет далее. Ср. табл. 43, фиг. 290).

Кристалл 79. Табл. 26, фиг. 178.

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно. Вес 13 мг. Прозрачный, с желтоватым оттенком.

Кристалл тетраэдрического облика, сходен с крист. **78**, но с лучше сохранившейся штриховкой роста на больших гранях тетраэдра. Однако здесь отсутствуют ямки травления, характерные для крист. **78**.

Штриховка, пераллельная ребрам шестисторонних граней тетраэдра $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$, дает в рефлексе (фиг. 178) полосы (**D**) и [**B**]. Эта штриховка лишь незначительно закруглена растворением.

Полосы (**D**) и [**B**] в продольном направлении становятся то более, то менее яркими и местами пересекаются краевыми дугами.

Сильно расслоенная полоса [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$] соответствует вытянутому и округлому гладкому ребру тетраэдра. Между $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ эта полоса отсутствует, так как здесь отсутствует и самое ребро. Прямолинейное простирание этой полосы отвечает штриховке роста, параллельной ребру, а расширение и расслоение около **c** вызвано растворением, исходившим от **c** в направлении ребра.

Картина световых рефлексов, типичная для тетраэдра, напоминает картину крист. **78**. Исходным телом можно считать комбинацию большого и малого тетраэдров. Кристалл лишь незначительно изменен растворением, и в нем наблюдаются пластинки роста, почти не затронутые растворением.

Полезно сравнить картину световых рефлексов, изображенную на фиг. 178, с фиг. 290. Последняя отвечает октаэдру, искусственно измененному при помощи травления калиевой селитрой.

Кристалл 80. Табл. 25, фиг. 172 (с накладной фигурой); табл. 26, фиг. 176.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Просвечивающий, желтоватый.

Кристалл, наружный вид которого можно определить как р а з м ы т ы й. Ребра его сглажены и округлы. На всех гранях наблюдаются бороздки такого порядка, как на крист. **83** и **84** (они будут описаны и разобраны более подробно). Общая форма кристалла отвечает плоскогранному округлому тригон-триоктаэдру, в котором вершинки октаэдра замещены попеременно округлыми гранями тетраэдра в соответствии с гемиэдрией кристалла. Накладная фиг. 172 дает схематическое изображение этого кристалла. На гранях тетраэдра видны местами неглубокие округлые впадинки, которые являются, по всей вероятности, размытыми остатками ямок роста.

Картина световых рефлексов (фиг. 176) типична для размытого образования (ср. крист. **46**) и состоит из расслоенных и изогнутых в двух направлениях полос [**D**]. В октантах I и III, в которых имеется грань тетраэдра, видны световые пятна; в октантах II и IV, наоборот, заметны пустые узловые области, которые отвечают вершине ложных граней тригонтриоктаэдра.

Кристалл 81. Табл. 26, фиг. 177.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 12 мг. Чистый, прозрачный, с бурыми пятнами на поверхности.

Октаэдр с хорошо отражающими гранями; ребра замещены штриховкой, обусловленной пластинками, слагающими ложную грань додекаэдра [**d**]. Похож на крист. **4**. С одной стороны кристалл ограничен плоскостью спайности.

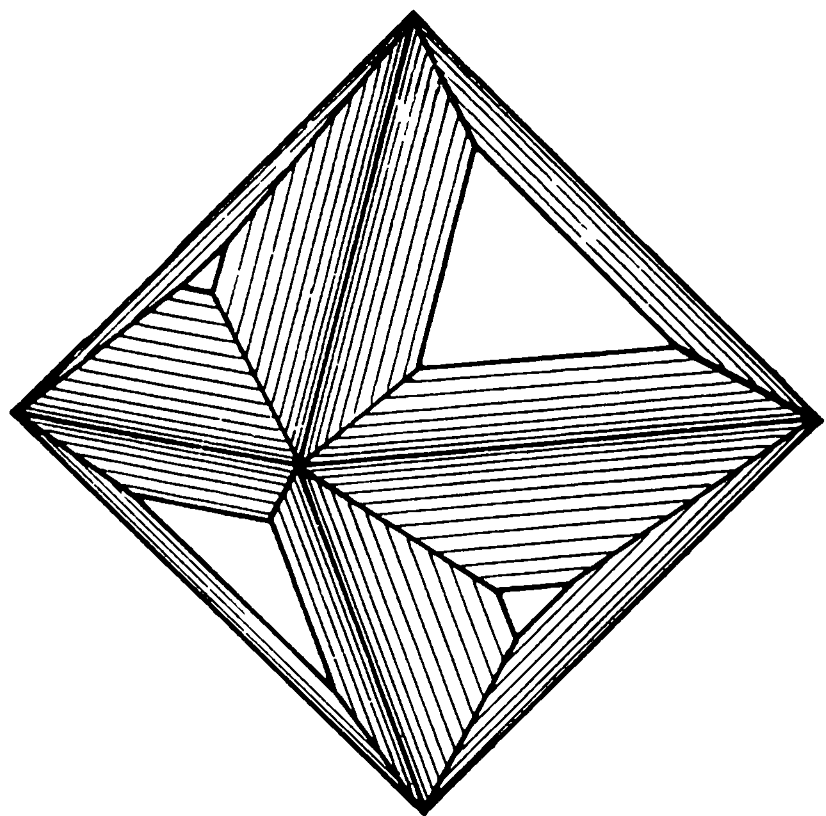


Рис. 97.
K. Martin, Zeitschr. Geol. Ges., 1878, **30**, Taf. 21, Fig. 1. (Бразилия)

Гемиэдрия проявляется в том, что грани $\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$, $\underline{\mathbf{p}}^2$, $\underline{\mathbf{p}}^4$ — большие, а грани $\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, $\underline{\mathbf{p}}^1$ и $\underline{\mathbf{p}}^3$ почти полностью вытеснены ложными гранями додекаэдра [**d**]. Прекрасной иллюстрацией подобного образования является рис. 97, воспроизведенный по работе К. Мартина.

Картина световых рефлексов (фиг. 177) вряд ли требует пояснений. Разный характер тетраэдров опознается по разной яркости узлов **p**.

Этот кристалл представляет собою о б р а з о в а н и е, зазакончившееся с т а д и е й р о с т а.

Образования разного рода, не укладывающиеся в вышеописанные ряды

Крист. **82—92**

В эту группу включены образования, различные как по форме, так и по генезису, которые не укладывались в рамки главных рядов. Возможно, что они образуют отдельные члены более крупных, еще не известных, рядов. Сюда относятся:

1. Кристаллы, в форме которых наблюдаются сложные проявления роста и растворения. Пример: крист. **82**.

2. Кристаллы, поверхность которых покрыта выпуклостями. В этих образованиях происходил своеобразный процесс растворения, имеющий общее значение. Такие образования требуют тщательного изучения, которое, мы надеемся, будет возможно, когда увеличится количество материала. Примеры: крист. **83—85**.

3. Шаровидные образования разного рода. Примеры: крист. **86—89**.

4. Образования загадочного происхождения. Пример: крист. **90**.

5. Кристаллы, кажущиеся гемиморфными. Примеры: крист. **91** и **92**.

Примечание к п. 3. Шаровидные образования, нередко встречающиеся среди алмазов, бывают разного рода. Иногда это шаровидные монокристаллы, иногда шаровидные аггрегаты. Шаровидные монокристаллы могут быть конечными членами как созидательного, так и разрушительного процессов, они могут относиться как к додекаэдрическому, так и к кубическому переходному ряду. Примеры: крист. **32** и **39**.

Шаровидные аггрегаты могут иметь разное строение, радиально-лучистое или зернистое. Особенно интересны аггрегаты в форме шаров (крист. **88**). По всей вероятности, они представляют собою сложные образования из полисинтетических двойников по шпинелевому закону.

Шаровидные аггрегаты можно объединить под общим названием „шарового борта“.

Примечание к п. 5. К кристаллам, которые кажутся гемиморфными, относятся вышеописанные крист. **15, 52, 54, 55,** а также кристаллы, описанные предшествующими авторами и воспроизведенные на наших рис. 98—100.

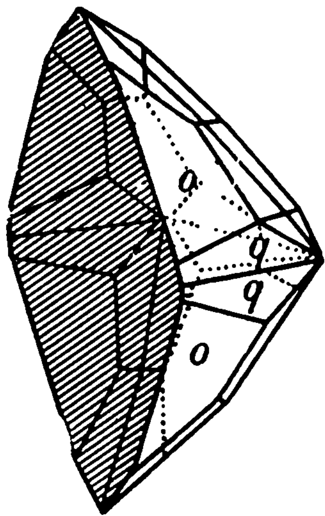


Рис. 98.

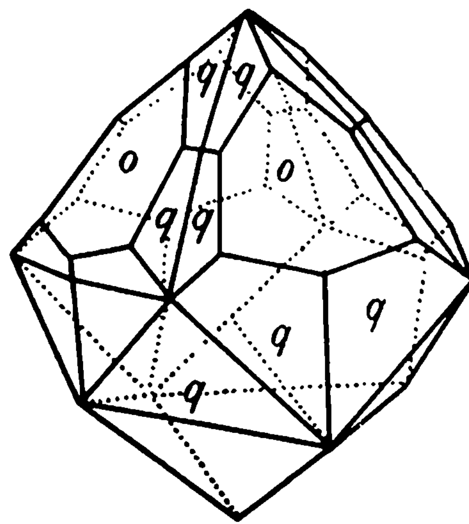


Рис. 99.

Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 7, 10.

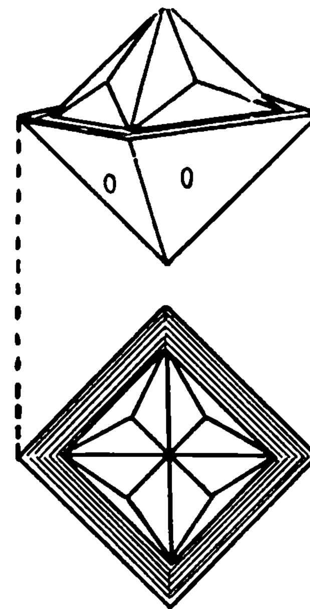


Рис. 100.
П. Еремеев, Зап. Минер. общ., 1899 (2), **36**, фиг. 5, 6.

Кристалл 82. Табл. 27, фиг. 179.

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно. Вес 20 мг. Мутный, трещиноватый, серый.

Маленький кристалл, в образовании которого сложно переплетались процессы роста и растворения.

Образования растворения представлены округлыми гранями (**d**) с неправильными очертаниями, срезанными вверху довольно плоской матовой гранью (**c**).

Между этими образованиями растворения наблюдаются резко выраженные образования чистого роста, находящиеся в углублениях (октанты I и II). Это блестящие октаэдры с глубокими треугольными ямками роста и пластинчатыми гранями [**d**]. От **p** к передней грани **c** также протягивается штриховка, ограничивающая пластинки; она заканчивается в маленькой четырехугольной впадине на месте **c**.

В картине световых рефлексов образованиям растворения соответствуют полосы (**A**) и (**D**), приблизительно так же, как в крист. **58** и **62**. Образования роста дают в рефлексе яркие полосы [**B**] и [**D**] и яркие точки **p**. Эти рефлексы двух родов объединяются в красивый узор.

Трудно объяснить все детали строения данного кристалла с точки зрения генезиса. Причины различных неправильностей нужно искать в условиях маточного раствора, окружавшего кристалл во время его роста (ср. крист. **15, 52** и **55**).

Кристалл 83. Табл. 27, фиг. 180, 181; табл. 28, фиг. 189.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 35 мг. Бесцветный, прозрачный.

Кристаллы **80**, **83—85** иллюстрируют весьма интересное с точки зрения генезиса и не особенно редкое явление. Это явление состоит в том, что поверхность алмаза покрывается выпуклостями. Такая поверхность представляет собою продукт размыва образования растворения, покрытого бугорками травления.

Крист. **80** нами уже описан. Крист. **83** имеет вид округлого додекаэдра. На некоторых гранях додекаэдра наблюдается сглаженная выпуклость, вытянутая в направлении длинной диагонали. Остальные грани равномерно округлые.

Форма граней представлена на фиг. 180 и 181. На фиг. 181 изображена грань додекаэдра (**d**), а на фиг. 180 — вершинка октаэдра с соседними гранями. Грани изрезаны вдоль и поперек глубокими извилинами, которые делят их на систему округлых выпуклостей, наподобие мозговых полушарий.

Верхние части выпуклостей образуют в совокупности блестящую округлую грань. Местами видны еще следы существовавшей здесь ранее пограничной линии, но совершенно размытые.

В расположении этих выпуклостей и углублений не наблюдается общей закономерности. В некоторых местах одного и того же кристалла или даже одной и той же грани додекаэдра господствующим направлением кажется длинная диагональ, между тем как в других местах извилины направлены преимущественно перпендикулярно к ребру додекаэдра, причем эти два направления смешиваются и переходят друг в друга.

Описанное явление станет более понятным при рассмотрении следующего, подлежащего описанию, крист. **85**. В этом кристалле соотношения более наглядны, и мы пытались дать им генетическое истолкование.

В нашем крист. **83** подобные образования крупнее и грубее, чем в крист. **85**, с другой стороны — они менее однородны и более размыты. Еще сильнее размывание в крист. **84**.

Картина световых рефлексов (фиг. 189) соответствует только верхней части выпуклых граней, потому что входящие части борозд матовые и не дают рефлекса. Картина проста. Она представляет расслоенные на световые нити полосы (**D**), образующие паутину; в точках **p** — световые точки, отвечающие уплощению, или пустые поля (узловые области), соответствующие вершинке. Картина световых рефлексов походит на таковую крист. **46**, а также крист. **80**. Во всех этих кристаллах наблюдается характерное размывание.

Судя по виду поверхности, нельзя было бы ожидать такой простой картины световых рефлексов и таких отчетливых полос (**D**). Эта картина доказывает, что в основе поверхностных образований лежит общее направление, скрытое деталями бороздок и выпуклостей, причем это направление обусловлено бугорками травления, покрывавшими додэкаэдр до того, как начались описанное для крист. **85** боковое растворение и сопутствовавший ему размыв.

Нам удалось получить искусственным путем сходный с описанным облик кристаллов алмаза и спайных осколков, обрабатывая их в течение долгого времени расплавом калиевой селитры и соды (ср. крист. **125**).

Аналогичный характер носило, по всей вероятности, также явление, полученное Розе при медленном сжигании алмаза на воздухе, которое он изобразил (наша табл. 42, фиг. 284) и описал следующими словами: „Под действием длительного нагревания впадинки сливаются, на гранях образуются как бы целые горные хребты с острыми гребнями и такие же долины; эти горные хребты и долины пересекаются, и получается шероховатая поверхность с острыми вершинками, пока кристалл не исчезнет окончательно“.[1]

Кристалл 84. Табл. 27, фиг. 182, 184.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 40 мг. Бесцветный, просвечивающий.

Крист. **84** похож на крист. **83**. Он также имеет форму округлого додокаэдра, но на нем меньше коротких извилинок и они не такие глубокие, как на крист. **83**. Эта разница проявляется на фиг. 182 и 184, изображающих отдельные грани додекаэдра; поверхность кристалла стала гладкой и блестящей („зализанной“).

Морфологически и генетически образования этих двух кристаллов однородны, но в крист. **84** размыв был сильнее.

Картина световых рефлексов крист. **84** походит на картину крист. **83**. Отличие состоит лишь в том, что полосы (**D**) сгущаются поблизости от точек **d**, а на месте точек **p** наблюдаются не световые точки, а пустые поля.

Кристалл 85. Табл. 27, фиг. 183.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 30 мг. Чистой воды, прозрачный.

Додекаэдр со слегка округлыми гранями. На каждой из них пограничная линия почти смыта, едва выступает и еле заметна.

[1] G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, 521.

Поверхность кристалла блестящая, но она пересекается множеством тонких продольных **извилинок**. Эти извилинки по виду и направлению такие же, как в крист. **83** и **84**, но они тоньше и распределение их более равномерное. На ребрах додекаэдра они по большей части почти перпендикулярны этим последним, а ближе к середине граней они постепенно изгибаются, принимая направление короткой диагонали.

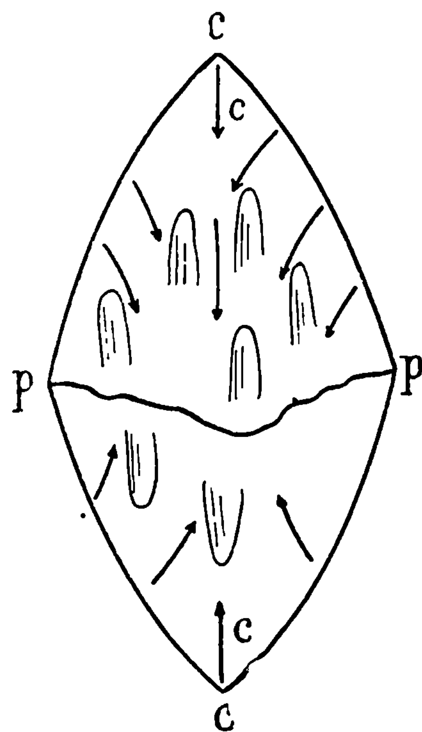


Рис. 101.

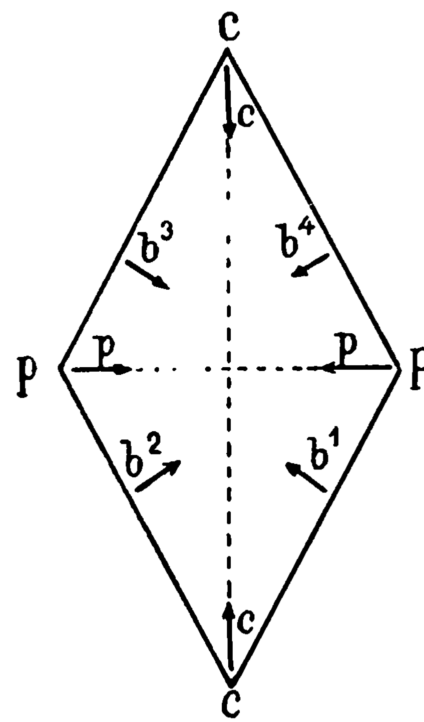


Рис. 102.

Эти весьма интересные образования являются, вероятно, продуктом изменения бугорков травления, причем произошли они следующим образом.

После того как тело растворения приняло форму округлого додекаэдра, его ребра и вершины стали влиять на характер растворяющих потоков. Зональный поток [**cp**], стекающий на ребра додекаэдра и по обеим сторонам их, развился за счет потоков **c** и **p**. На стр. 88 мы говорили о слиянии нескольких потоков и о совместном влиянии их на формирование бугорков травления. Здесь играли роль не только **направление**, но и **сила** одновременно действующих потоков. Этот случай иллюстрируется рис. 101 и 102.

Если поток **c** теряет свое значение, а поток [**cp**], стекающий по ребрам в направлении **b** (рис. 102), получает первостепенное значение, то бугорки травления изменяются, они

срезаются внизу. От них остаются только укороченные косо расположенные остатки, которые сливаются друг с другом. Углубления между такими выпуклостями — это наши извилины. Они изменены последующим размыванием.

Здесь нужно добавить следующее. Пока участие потока **c** было существенным, потоки $\mathbf{b}^3$, $\mathbf{b}^4$, стекающие по ребрам (рис. 102), отклонялись им вниз. Когда роль его стала второстепенной, то $\mathbf{b}^3$, $\mathbf{b}^4$ стали слабо действовать в вертикальном направлении, а $\mathbf{b}^2$, $\mathbf{b}^1$ стали действовать сильно в горизонтальном направлении. Другими словами, потоки **b** стали более горизонтальными. Тогда образовалась вертикальная пограничная линия, которая намечается на крист. **85** (фиг. 183). При таком горизонтальном стоке может вступить в действие активный поток **p**, исходящий из **p**.

Если такое толкование правильно, то мы видим здесь интересный пример того, каким образом образование формы, измененное процессом растворения, влияет на направление и действие активных потоков.

Картина световых рефлексов в основном походит на картину крист. **83** (фиг. 189).

Кристалл 86. Табл. 27, фиг. 185—188; табл. 28, фиг. 190.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 50 мг. Желтоватый, просвечивающий.

Маленькое округлое зерно с шероховатой поверхностью; ориентировка его по картине световых рефлексов (фиг. 190) не представляет никаких затруднений.

На фиг. 185 этот кристалл представлен в том виде, как он наблюдался под лупой. Под микроскопом, при несколько большем увеличении видно, что поверхность его покрыта оригинальными образованиями (фиг. 186—188). Это — ямки роста с острыми краями и плоскими гранями. На месте граней **c** находятся четырехгранные воронки (фиг. 187), а на месте граней **p** — трехгранные воронки (фиг. 188). Все эти

воронки ограничены гранями октаэдра со штриховкой или соответственно с округлением в зоне **pdp**. Ямки на месте граней **p** можно сравнить с обыкновенными треугольными фигурками роста на этих гранях (ср. крист. **21**). Ямки на гранях **c** можно рассматривать как углубления между маленькими вершинками октаэдров, наподобие того, что мы видели в крист. **15**. Нужно подчеркнуть, однако, что четырехугольные фигуры на месте граней **c** в крист. **86** не тождественны с обыкновенными четырехугольными ямками травления, встречающимися на этих гранях, так как в картине световых рефлексов им соответствуют иные полосы. Поверхность крист. **86** в целом имеет вид столбчатого образования, сложенного маленькими параллельными октаэдрами.

Картина световых рефлексов (фиг. 190) с яркими точками **p** и короткими полосами [**D**], окруженными большим световым ореолом, свидетельствует о простоте и однородности этого маленького зерна, которое кажется таким сложным и неправильным, и позволяет определить его как образование роста.

Рост его происходил, по всей вероятности, в неблагоприятной среде, так же как у крист. **15**. Влияние неблагоприятной среды на форму кристаллов требует еще сравнительного изучения кристаллов, находящихся в стадии роста.

Кристалл 87. Табл. 29, фиг. 195.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 95 мг. Чистый, прозрачный, с легким желтоватым оттенком.

Октаэдр с острыми ребрами, состоящий из пластинок. Края пластинок слегка закруглены, образование граней **p** закончилось стадией роста. В передней вершине наблюдается маленькая матовая неровная грань куба.

Одной стороной кристалл включен в шарик борта с неправильной шероховатой поверхностью.

Этот шарик частично обломан. На месте излома видно, что спайность отсутствует; таким образом, этот шарик представляет собою кристаллический агрегат, который можно рассматривать как усложненное двойниковое образование. Внутреннее строение этого шарика остается непонятным, так как на поверхности его отсутствуют какие-либо образования, рефлексы которых могли бы способствовать ориентировке. Однако можно предположить, что мы имеем здесь дело с образованием, подобным шаровидному крист. **88**, который описан далее.

Октаэдрический кристалл дает в картине световых рефлексов яркие точки **p** и отчетливые полосы [**D**]. Шарику борта соответствуют неправильные и малопонятные световые пятна и полосы.

Кристалл 88. Табл. 29, фиг. 196.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 130 мг. Бесцветный, прозрачный.

Красивый октаэдрический шпинелевый двойник; два индивида пересекаются множеством тонких двойниковых пластинок. С одной стороны он врос в шарик, так же как крист. **87**. Этот шарик представляет значительный интерес. Ювелиры называют такие шарики бортом и дорого ценят их за твердость и высокое сопротивление истиранию.

На фиг. 196 изображен небольшой участок поверхности этого шарика по зарисовке под микроскопом. Этот рисунок приводится, чтобы показать своеобразную структуру поверхности шарика борта.

Поверхность его покрыта сетчатым узором отчетливо видных пластинок. Возникает вопрос — закономерно ли расположены пластинки или они образуют неправильный аггрегат?

Нужно указать прежде всего, что они являются образованиями роста; в картине световых рефлексов они носят характер полисинтетических двойниковых образований с соответствующими им полосами [**B**] и [**D**]. Трудно найти

закономерность в расположении этих пластинок, которое кажется совершенно беспорядочным. Однако, повидимому, такая закономерность всё же существует. В нескольких местах наблюдались в рефлексе бледные пятиконечные звезды, подобные тем, которые мы видим в картине световых рефлексов двойниковых крист. **123** и **124**, состоящих из пяти и шести индивидов (картина световых рефлексов: табл. 39, фиг. 262—264), при. проекции этих полисинтетических образований на общую двойниковую плоскость (**d**).

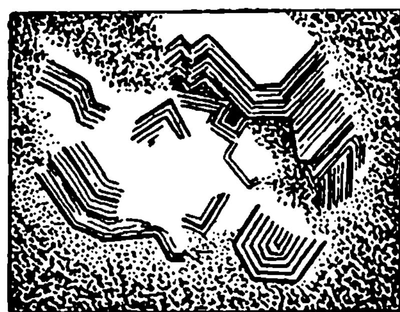


Рис. 103.

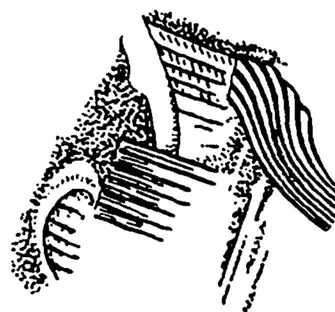


Рис. 104.

E. H. v. Baumhauer, Arch. néerland. sc. nat., 1881, **16**, tab. 1, fig. 5, 6.

Здесь в точке **d** пересекаются пять полос [**D**], под углами в 70°32′ (фиг. 262). Если поместить на полюс нашего шарика такую пяти- или шестилучевую звезду, то величина углов между лучами составит от 70 до 72°. В одном месте было измерено 77°52′; в другом — только 70°20′. Но и эти величины углов находят свое объяснение при рассмотрении нашего крист. **123** (см. далее). Итак, можно считать весьма вероятным, что наш шарик борта состоит из пластинок роста, которые расположены в большинстве случаев в зоне **pdp**. Таким образом, мы можем рассматривать его как сложный полисинтетический двойник по шпинелевому закону, в котором часть индивидов имеет циклическое расположение.

Баумгауэр дал изображение и описание небольшого участка поверхности двух шариков борта, но без кристаллографических индексов, (наши рис. 103 и 104).

Кристалл 89. Табл. 29, фиг. 197.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 40 мг.

Шарик борта, состоящий из пластинок с разной ориентировкой. Вследствие очень бледных рефлексов не удалось установить никакой закономерности в расположении пластинок. В восьми точках, соответствующих октаэдру, мы наблюдали несколько более ярких пятен, которые допускали приближенную ориентировку. Кроме того, на месте четырех граней куба наблюдаются четыре округлых углубления, которые изображены по возможности близко к натуре на фиг. 197. Эти факты позволяют притти к выводу, что бо́льшая часть пластинок в шарике имеет параллельную ориентировку и слагает шаровидное столбчатое образование, прорезанное во всех возможных направлениях бесчисленным множеством двойниковых пластинок. Следовательно, — это усложненное двойниковое образование.

Кристалл 90. Табл. 29, фиг. 198, 199.

Коллекция А. Ферсмана. Южная Африка. Вес 94 мг. Чистый, прозрачный, слегка буроватый.

Многие кристаллы из той партии, к которой относится наш крист. **90**, имеют на поверхности весьма интересные образования роста, генетическое и кристаллографическое истолкование которых представляет значительные затруднения.

Форма этих кристаллов отвечает комбинации **p** и **d**. Соответственно в картине световых рефлексов наблюдаются яркие точки **p** и резкие полосы [**D**].

На этом образовании рассеяны, в виде налета, округлые наросты, которые следует, вероятно, отнести за счет более поздней кристаллизации алмазного вещества. Форма и расположение этих наростов показаны на фиг. 198 и 199 (по зарисовкам под микроскопом при небольшом увеличении).

В настоящее время мы не можем еще найти соответствующее объяснение происхождению этих наростов. Они должны стать предметом дальнейших исследований.

Кристалл 91. Табл. 28, фиг. 191, 192; табл. 29, фиг. 200.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 40 мг. Чистый, прозрачный, с легким красноватым оттенком.

Этот кристалл относится к той группе, которую Розе — Задебек[1] определили как „кажущуюся гемиморфной“. Его облик передан по возможности близко к натуре на фиг. 200. На фиг. 191 картина световых рефлексов относится к верхней половине, а на фиг. 192 — к нижней половине этого кристалла.

На нижней половине мы видим плоские грани **p** со слегка округлыми ребрами, которым соответствуют яркие полосы [**D**] и бледные (**D**). В противоположность этому на верхней половине развиты округлые грани (**d**), приуроченные к маленьким остаточным граням **p**.

Грани (**d**) в верхней части кристалла прорезаны в двух направлениях множеством пластинок полисинтетических двойников. Эти пластинки выступают здесь, как и обычно, только при растворении и потому не видны на нижнем конце кристалла.

Несходство верхней и нижней частей кристалла можно отнести, так же как в крист. **15**, за счет неодинаковых условий среды в то время, когда кристалл находился во взвешенном состоянии в маточном расплаве.

Кристалл 92. Табл. 28, фиг. 193; табл. 29, фиг. 201.

Коллекция Г. Зелигмана. Южная Африка. Вес 15 мг. Бесцветный, чистый, с легким красноватым оттенком.

Чрезвычайно интересное образование отчетливо выраженного октаэдрического облика. Как видно на фиг. 201, кристалл состоит из двух частей: левой — округлой и правой —

[1] Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, 133, 134.

с острыми ребрами и штриховкой. В картине световых рефлексов (фиг. 193) этот противоположный характер двух половин кристалла проявляется очень отчетливо: слева видны полосы (**D**) и пустые зональные области, справа — точки октаэдра и резкие полосы [**D**]; в левой части мы видим растворение, в правой — рост. Этот противоположный характер двух половин кристалла весьма интересен с точки зрения генезиса. Причину нужно искать, так же как в крист. **15** и **91**, в неодинаковых условиях окружающего расплава, вызвавших разный характер соседних кристаллов.

Кроме того, интересна штриховка по $\mathbf{p}^1$ и $\underline{\mathbf{p}}^3$, вместо обычных треугольных пластинок. Происхождение этой штриховки можно объяснить тем, что раствор смыл в $\mathbf{p}^2$ и $\underline{\mathbf{p}}^4$ обращенные к нему стороны треугольных пластинок, между тем как в $\mathbf{p}^1$ и $\underline{\mathbf{p}}^3$ рост пластинок продолжался, пока они не достигли ребра.

Искаженные кристаллы

Крист. **93—100**. Сюда же относятся крист. **30 и 104**

Такие образования не являются редкостью; искажения бывают разного рода. Важнейшие из них следующие.

1. Укорочение (уплощение) по оси октаэдра. Пример: крист. **93**.
2. Удлинение по той же оси. Примеры: крист. **94, 95**.
3. Удлинение по ребру октаэдра. Примеры: крист. **96, 97**.
4. Искажения, в которых не наблюдается определенной закономерности. Примеры: крист. **99, 100**.

В каждом из этих типов имеются образования роста и образования растворения.

Кристалл 93. Табл. 30, фиг. 203.

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно. Вес 15 мг. Прозрачный, желтовато-бурый.

Додекаэдр, уплощенный по оси октаэдра, со слегка округлыми гранями (**d**), покрытыми волнистой штриховкой, парал-

лельной длинной диагонали. Пограничная линия резкая, неправильная, но она всегда перпендикулярна штриховке. При небольшом увеличении видно, что штриховка обусловлена рядами сросшихся между собою бугорков травления, плоские остатки которых покрывают все грани додекаэдра. На гранях додекаэдра, ставших узкими вследствие деформаций кристалла, пограничная линия проходит вкось, приблизительно

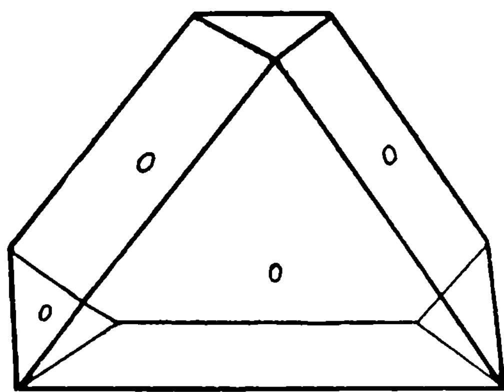


Рис. 105.
Presl. Miner. 1837, tab. 4, fig. 130.

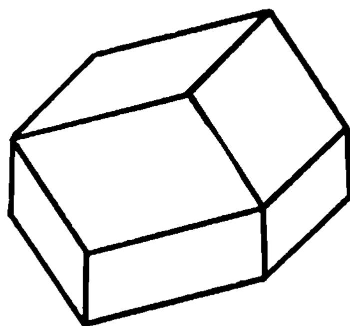


Рис. 106.

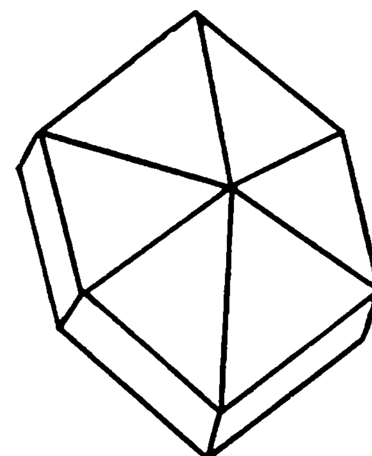


Рис. 107.
Bournon. Cat. 1815, tab. 1, fig. 13, 19.

по середине грани, и заканчивается поэтому не в вершине октаэдра, а на некотором расстоянии от нее, на ребре октаэдра.

Вершинки октаэдра не все одинаковы: $\mathbf{p}^1$ и $\underline{\mathbf{p}}^1$, расположенные на концах укороченной оси, более плоски, чем остальные вершинки, и на них замечаются остатки пластинок роста. Кристалл пронизан бесчисленным множеством едва заметных пластинок полисинтетических двойников.

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **29** (фиг. 76), только в $\mathbf{p}^1$ и $\underline{\mathbf{p}}^1$ линии (**D**) приближаются к точкам **p**, а во всех остальных точках **p** они отдаляются от этих точек и сходятся в направлении точки **d** в виде полей (**CE**).

Генетически крист. **93** представляет собою образование растворения, исходным телом которого является кристалл, уплощенный по октаэдрической оси.

Наши рис. 105—114, воспроизведенные по работам предшествующих авторов, иллюстрируют различные виды подоб-

ного уплощения, часто наблюдающиеся в природных кристаллах.

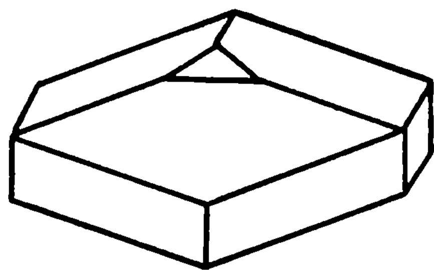


Рис. 108.
Bournon. Cat. 1815, tab. 1, fig. 14.

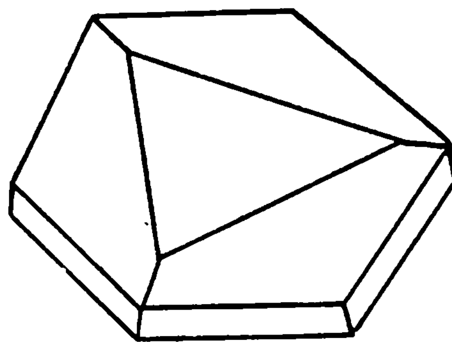


Рис. 109.
Bournon. Cat. 1815, tab .1, fig. 18.

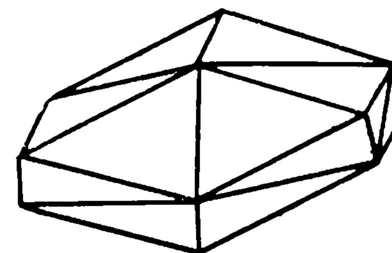
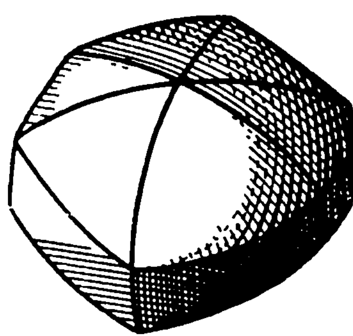


Рис. 110.
Bournon. Cat. 1815, tab. 1, fig. 20.



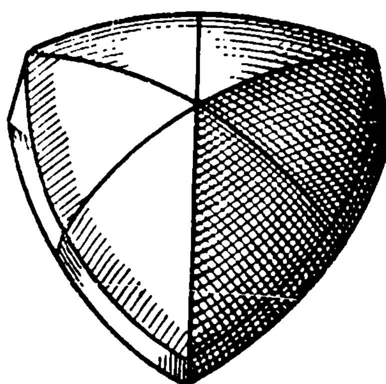


Рис. 111. Рис. 112.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, 4, tab. 4, fig. 66, 67.

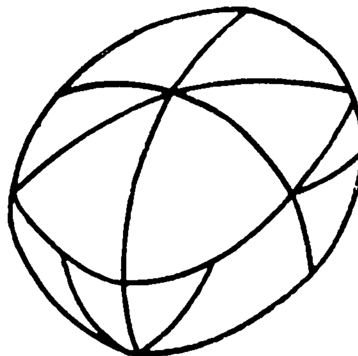


Рис. 113.
Bournon. Cat. 1815, tab. 3, fig. 43.

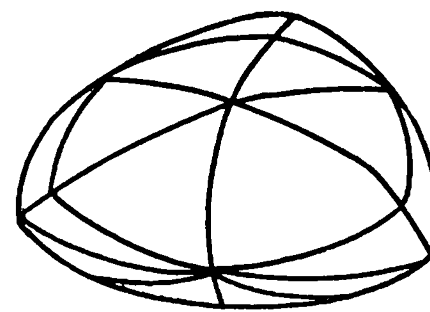


Рис. 114.
Bournon. Cat. 1815, tab. 3, fig. 45.

Кристалл 94. Табл. 30, фиг. 205.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 15 мг. Прозрачный, зеленоватый на поверхности. Это оригинал кристалла, описанного и изображенного Розе и Задебеком. Он воспроизведен на нашем рис. 115.

Кристалл 95. Табл. 30, фиг. 207.

Коллекция А. Ферсмана. Бухта Людеритц (Юго-западная Африка). Вес 35 мг. Чистой воды, прозрачный, бледножелтый.

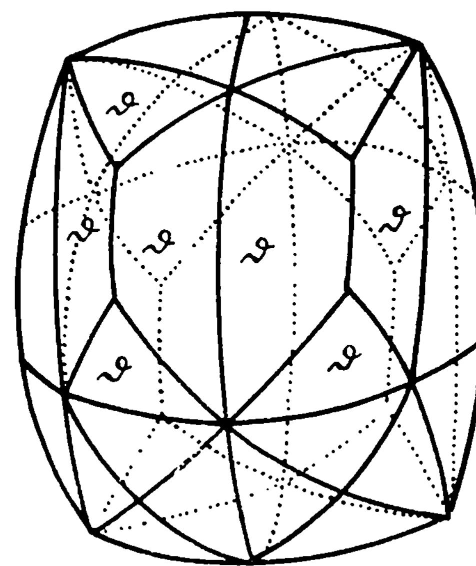


Рис. 115.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 1, Fig. 11.

Крист. **94** и **95** имеют одинаковую форму — округлый додекаэдр, вытянутый по оси октаэдра. Крист. **94** (фиг. 205) зарисован в нормальной установке; вытянут по оси $\mathbf{p}^1\underline{\mathbf{p}}^1$. В крист. **95** (фиг. 207), наоборот, вытянутая

ось ($\perp$ **p**[1]) стоит вертикально. Между этими двумя кристаллами нет никакой существенной разницы, не считая того, что в крист. **94** три неискаженные грани додекаэдра, расположенные вокруг **p**[1], несколько более плоские, чем у крист. **95**.

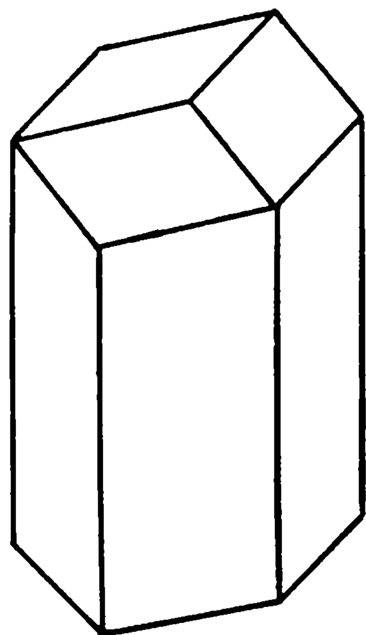


Рис. 116
Bournon. Cat. 1815, tab. 1, fig. 12.

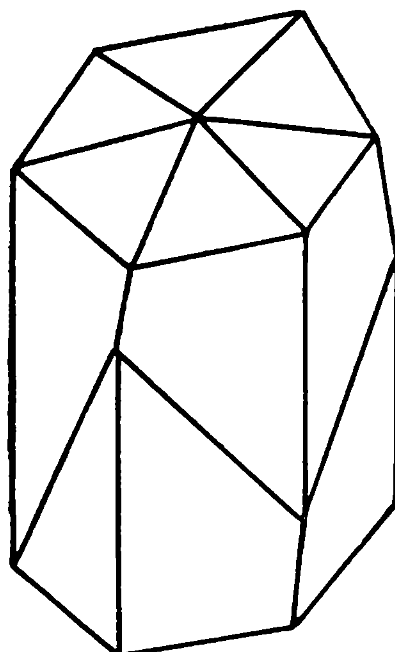


Рис. 117.
Bournon. Cat. 1815, tab. 2, fig 2.

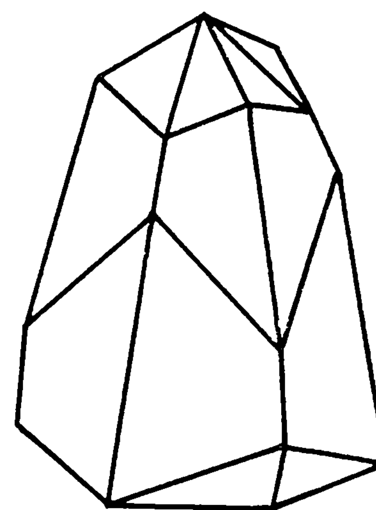


Рис. 118.
Bournon. Cat 1815, tab. 2, fig. 27.

Грани (**d**) блестящие; едва заметная штриховка проходит в направлении бугорков травления, образованных потоком **c** и размытых до еле заметных следов. На поверхности наблюдается бесчисленное множество чрезвычайно тонких пластинок полисинтетических двойников по шпинелевому закону. Ребра — острые и прямолинейные. Пограничные линии имеют такой же характер, по виду они не отличимы от ребер.

Картина световых рефлексов яркая, она состоит из точечных полей (**CE**), наподобие картины световых рефлексов крист. **32** (фиг. 80).

Можно допустить, что исходные тела, из которых образовались путем растворения наши крист. **94** и **95**, были также вытянуты по оси **p**, как эти кристаллы. Для иллюстрации этого положения мы воспроизводим на наших рис. 116—120 некоторые изображения из каталога Бур-

нона (1815). Нужно отметить, что наблюдения Бурнона очень точны и его изображения округлых ребер пограничных линий в точности соответствуют действительности.

Для правильного понимания хода пограничной линии на вытянутых (боковых) гранях **d** потребовались специальные

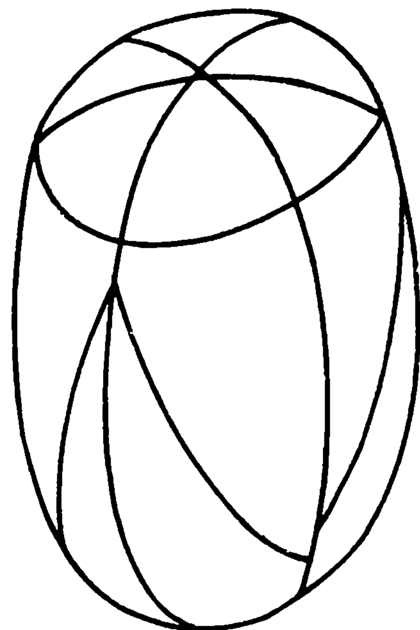


Рис. 119.
Bournon. Cat. 1815, tab. 3, fig. 41.

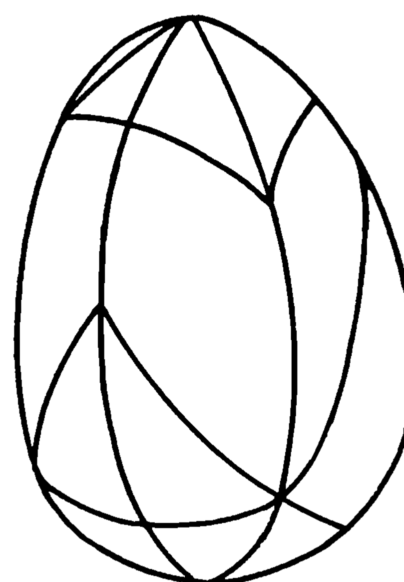


Рис. 120.
Bournon. Cat 1815, tab. 3, fig. 42.

исследования. Они приведены в Общей части этого труда (стр. 89).

Кристалл 96. Табл. 30, фиг. 204.

Коллекция Естественно-исторического придворного музея в Вене (N. E. 2463). Вест-Гриквалэнд (Южная Африка). Вес 10 мг. Прозрачный, чистый; поверхность этого кристалла покрыта ржавыми пятнами и точками.

Ориентировка кристалла возможна благодаря штриховке и нескольким имеющимся плоскостям спайности. На гониометре ориентировка производится без труда по полосам, которые опытный исследователь с первого взгляда определяет как полосы (**D**) и [**B**].

Такие кристаллы не являются редкостью; для них характерна продольная штриховка и перпендикулярное к ней расположение пограничной линии (по большей части имеющейся

в этих кристаллах). Продольное направление отвечает ребру октаэдра, по которому вытянут кристалл, и можно допустить, что он был так же вытянут и до начала растворения, обусловившего узор на поверхности.

В картине световых рефлексов штриховке соответствует яркая полоса (**D**), которая лишь слабо разветвляется. Эта полоса доходит до точек **p** и выходит несколько за их пределы, в виде слабой полосы [**B**].

Вершинки вытянутого кристалла состоят частично из округлых граней октаэдра, которым также соответствуют бледные полосы (**D**), а частично — из спайных поверхностей **p**, дающих яркую световую точку в рефлексе.

На фиг. 204 изображена поверхность кристалла, причем продольное направление отвечает ребру октаэдра, проходящему между гранями октантов I и II. Плоская грань на правом конце кристалла — спайный излом. Этот кристалл следует рассматривать как образование растворения.

Кристалл 97. Табл. 30, фиг. 206.

Коллекция В. Гольдшмидта. Бразилия. Вес 15 мг. Чистой воды, бесцветный, прозрачный.

По форме походит на крист. **96**; вытянут по одному из ребер октаэдра, на одном из концов — вершинка. На фиг. 206 изображен этот кристалл, вытянутый по октаэдрическому ребру между $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$.

Ориентировка производится без труда по треугольным фигуркам роста на левом конце кристалла.

Исходной формой при начале растворения нужно считать сильно искаженный октаэдр. Образование его поверхности обусловлено процессами растворения. В нескольких местах наблюдаются додекаэдрические ребра неправильной формы и пересекающие их вкось пограничные линии. К ним добавляются еще некоторые пограничные линии, не поддающиеся

точному определению, неправильный ход которых объясняется искаженной формой исходного тела. Вследствие этого растворяющие потоки избирают необычный путь и пограничные линии получают необычное направление.

Грани блестящие, однако не „зализанные“. Весь кристалл пронизан бесчисленным множеством пластинок полисинтетических двойников, настолько тонких, что их нельзя было изобразить на рисунке. В картине световых рефлексов имеем короткие полосы (**D**) и поля (**CE**). Полосы наблюдаются главным образом в зональных участках $\mathbf{p}^1\underline{\mathbf{p}}^3$ и $\mathbf{p}^3\underline{\mathbf{p}}^1$, в соответствии с удлинением кристалла.

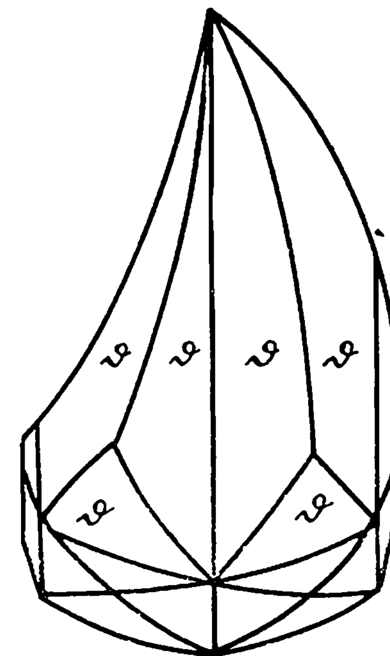


Рис. 121. Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 43, Fig. 3.

Аналогичные образования были описаны Розе—Задебеком, которые считают их искаженной формой сорокавосьмигранника, вытянутого по оси ромбоэдра. На нашем рис. 121 дано схематическое изображение такого кристалла.

Кристаллы этой формы называются ювелирами „остриями“. Они происходят из Бразилии. Подобные кристаллы ценятся довольно высоко, потому что находят себе применение в литографском деле.

Кристалл 98.

Коллекция А. Ферсмана. Бразилия. Вес 15 мг. Сходен с крист. **97** во всех деталях.

Кристалл 99. Табл. 30, фиг. 208; табл. 31, фиг. 211.

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка (без более точных данных о месторождении). Вес 40 мг. Винно-желтый, прозрачный.

Кристалл неправильной формы. На месте граней октаэдра глубокие впадинки, которые являются, однако, образованиями роста, как в крист. **21**, а не результатом высверливания. На

нашей фиг. 208 изображены два таких октаэдрических углубления, в положении октантов I и II. В октанте IV (внизу слева) видно еще третье такое углубление. Углубления отделены друг от друга округлыми гранями додекаэдра. Выпуклости покрыты бугорками травления, и на них наблюдается обычная пограничная линия. Это образования чистого растворения; между тем острые октаэдрические пластинки в углублениях представляют собою образования роста. Кроме того, на данном кристалле наблюдается несколько гексаэдрических ямок высверливания, как в крист. **42**, **107** и других. Они имеют обычную для таких образований штриховку роста. Ямки высверливания не видны на нашей фиг. 208. Картина световых рефлексов исключительно правильная, отчетливая и красивая (фиг. 211), несмотря на неправильную форму кристалла. Ввиду большой глубины ямок картина световых рефлексов видна в гониометре только при почти вертикальном падении света, т. е. при малом угле между коллиматором и зрительной трубой.

Полосы [**D**] соответствуют октаэдрическим пластинкам с острыми краями, криволинейные полосы (**D**) — округлым граням додекаэдра с бугорками травления, полосы [**B**] и (**A**) — ямкам высверливания на месте куба с их штриховкой роста.

Более развитой стадии растворения кристалла подобной формы отвечает крист. **100**.

В качестве исходного тела при начале растворения нужно принять сильно искаженный октаэдр с глубокими ямками роста на гранях **p**.

Кристалл 100. Табл. 28, фиг. 194; табл. 30, фиг. 209.

Коллекция А. Ферсмана. Бингара (Австралия). Прозрачный, винно-желтый, блестящий.

Изъеденное и вместе с тем гладко закругленное образование.

За исходное тело при начале растворения нужно принять октаэдр с ямками роста на середине граней. Переходом к этой поздней стадии растворения является крист. **99.** На крист. **99** видны еще бугорки травления на ребрах октаэдра и пластинки роста в углублениях; на крист. **100** они размыты.

На фиг. 209 схематически, прерывистыми линиями, нанесены ребра октаэдра, чтобы сделать более понятным строение этого кристалла. Здесь видны октанты I, II и III; ребра октаэдра сильно изменены округлыми выпуклостями. Каждая грань октаэдра имеет впадины посредине, причем в глубине ее лучше сохранились образования предыдущей стадии, чем на выступающих ребрах. Поверхность имеет „техническую" — „зализанный" вид, которому соответствует характерная картина световых рефлексов (ср. крист. **46**).

Скульптура поверхности сохранилась лучше всего в октанте II; при ориентировке на гониометре она оказалась очень полезной. Гномоническая картина световых рефлексов этого октанта изображена на фиг. 194 (остальные октанты оставлены здесь без внимания). Эта картина хорошо понятна каждому, занимающемуся изучением алмаза, несмотря на то, что она несколько расплывчата. Здесь отчетливо видны зональные области $\mathbf{p^2dp^1}$ и $\mathbf{p^2dp^3}$ около **d** на месте ребер октаэдра; полосы (**D**) расширяются и расплываются, образуя сетчатый узор световых нитей, имеющий вид паутины, который соответствует „зализанной" поверхности кристалла. Картина световых рефлексов походит на картину крист. **46.** На месте точки $\mathbf{p^2}$ находится довольно яркая световая точка.

Общий вид этого маленького кристаллика напоминает октаэдрический округлый, окатанный и размытый золотой самородок.

На данном кристалле хорошо видно, что октаэдрические части в глубине впадинок были лучше защищены от растворения, хотя полностью противостоять ему они не могли.

Нужно указать особо на соответствие между этим кристаллом (и картиной его световых рефлексов) и тем образованием растворения, которое мы получили при длительном травлении октаэдрического кристалла алмаза (табл. 42, фиг. 276). В этом образовании растворения, полученном искусственным путем, так же как в крист. **100**, наблюдается „зализанная" поверхность, дающая расширенные и расслоенные полосы в рефлексе.

Предлагается сравнить картины световых рефлексов на фиг. 287 и 288 табл. 43 с картиной световых рефлексов крист. **100**; они поразительно похожи.

Кристаллы этого рода были обнаружены в большом числе в одной партии австралийских алмазов.

Образования, которые могут быть истолкованы как двойники по закону Мооса—Розе

Крист. **101—107**

Эти образования связаны всеми возможными переходами с вышеописанными рядами. Встречаются переходы к октаэдрическим кристаллам с резко выраженными ложными гранями додекаэдра (пример: крист. **6**) или с пластинками, наложенными на **p**, между которыми получается входящий додекаэдр (пример: крист. **45**), переходы к додекаэдрическим кристаллам с входящими продольными линиями (пример: крист. **31**), а также с наложенными гранями октаэдра (пример: крист. **105**). С другой стороны, мы видим переходы к кристаллам в форме куба со шнуровкой по середине ребер (примеры: крист. **70**, **71** и рис. 79, 80).

Вопрос о том, являются ли эти кристаллы двойниковыми образованиями, мы рассмотрим при описании крист. **101** и **102**.

Насколько нам известно, такие образования встречались только в Бразилии.

Кристалл 101. Табл. 32, фиг. 219 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 5 мг. Чистой воды, прозрачный.

Кристалл 102. Табл. 32, фиг. 218 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 10 мг. Чистой воды, прозрачный; зеленоватый на поверхности.

Эти два кристалла принадлежат к хорошо известным октаэдрам алмаза, ребра которых заменены желобками. Описанные далее крист. **103—105** относятся к этому же ряду; они дополняют некоторые явления, свойственные этим оригинальным образованиям.

Между крист. **101** и **102** наблюдается большое сходство. Различие между ними заключается в акцессориях внутри желобков. В крист. **101** мы видим типичные бугорки травления, на основании которых можно притти к выводу, что в то время, пока продолжался рост граней октаэдра (или когда он приостановился), в желобках происходило растворение, причем растворяющий поток стекал с полюса **с** в направлении вершинок бугорков травления.

На крист. **102** не замечается бугорков травления, на их месте наблюдается резкая штриховка, параллельная ребру **рс**. Эту штриховку нельзя объяснять только растворением или только одним ростом. Удовлетворительным объяснением является регенерация путем роста некоторого образования, находившегося в стадии крист. **101** или **104**.

Крист. **101** является образованием, стоящим на границе роста и растворения. Если условия в маточном расплаве изменяются в пользу роста, то на грани октаэдра наступает дальнейший рост, а в бороздках — регенерация. Стенки бороздок, положение которых близко к октаэдрическому, приближаются при регенерации к октаэдру, а отступание в направлении вершинок является причиной того, что регенерация дает там не плоские грани, а послойно-ступенчатые. Эта ступенчатость в направ-

лении изгибов от **p** к **c** обусловливает штриховку, подобную той, которую мы наблюдаем на крист. **102**.

Характерно, что „ступеньки“ штриховки становятся шире и глубже в направлении вершин. Это объясняется следующим образом.

В середине желобков (в продольном направлении) и поблизости отсюда положение стенок желобков к началу растворения почти совпадало с положением граней октаэдра. В этой области регенерация не дает ступенчатости. Чем ближе подходит желобок к полюсу, тем сильнее отклоняется положение стенок желобка от октаэдрического и тем шире становятся ступеньки при регенерации. Этот вывод совпадает с нашими наблюдениями над крист. **104** и **105**.

Грани октаэдра крист. **101** и **102** — гладкие и блестящие, без рельефа. Всё же они несколько отличны друг от друга. В крист. **102** эти грани резко оконтурены и выступают над желобками. В крист. **101**, наоборот, края их сглажены растворением.

Картина световых рефлексов. Крист. **101** и **102** так малы и рефлексы их настолько бледны, что точные измерения в желобках были невозможны. В картине световых рефлексов крист. **102** можно, однако, всё же заметить бледную полосу [**B**], соответствующую поперечной штриховке в бороздках. Крист. **101** дает рефлекс, сходный с полученными от крист. **103** и **104**. Но он такой бледный, что видны только краевые дуги полос (световых полей). Картина световых рефлексов походит на картину крист. **103**, но значительно бледнее. Характерным отличием крист. **101** от крист. **102** является рефлекс точек **p**. В крист. **102** он яркий и отчетливый (чистый рост); в крист. **101** — расплывчатый, с зачатками полос (**D**), что соответствует кристаллу, образование которого закончилось стадией растворения.

За исходное тело можно принять октаэдр, ребра которого притуплены пластинчатой ложной гранью додекаэдра, как в крист. **5**. Желобки этой пластинчатости благо-

приятствовали потоку растворения, исходившему из **с**, и при дальнейшем растворении они слились в один общий желобок, который мы видим в крист. **101** покрытым бугорками травления. Отсутствие обычной пограничной линии (ср. крист. **104**) может объясняться тем, что продольная пластинчатость не допустила образования поперечной пограничной линии. Соответственно и холмики травления наблюдаются только поблизости от полюса.

Спорный вопрос о том, можно ли рассматривать эти кристаллы как двойники, состоящие из двух гемиэдрических

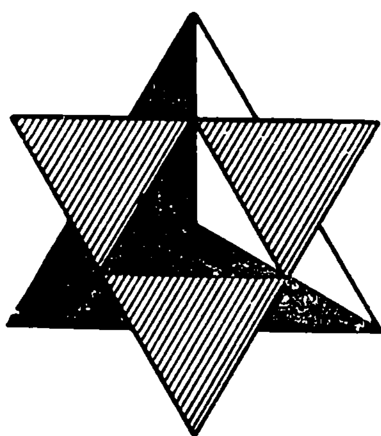


Рис. 122.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, 4, tab. 1, fig. 38.

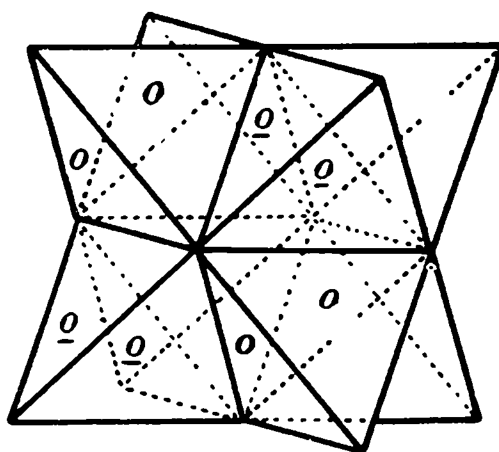


Рис. 123 (схематичный).

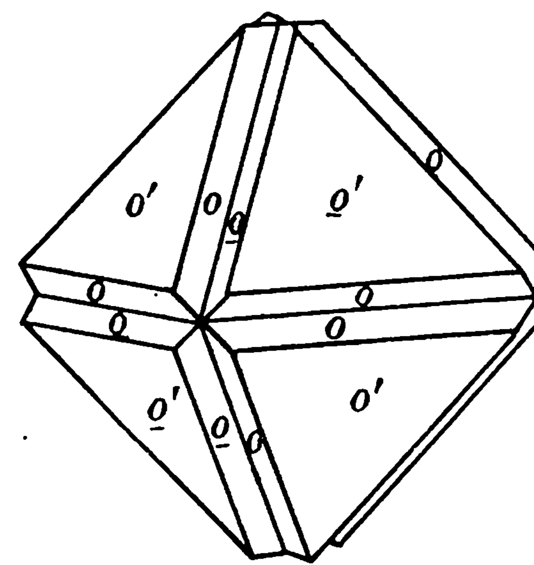


Рис. 124.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 3, Fig. 30, 31 (сходные см.: Naumann. Miner. 1828, Taf. 4, Fig. 51).

индивидов, сдвойникованных по закону Мооса и Розе, разобран нами на стр. 72 и сл.

Наши опыты по травлению, описываемые далее, выявили неодинаковый характер двух тетраэдров $\pm$ **p**. Таким образом, при помощи травления можно различать, какие грани или участки граней октаэдра являются положительными и какие отрицательными и на этом основании судить о том, имеем ли мы дело с двойниками и какого они рода. Кристаллы алмаза по большей части пронизаны пластинками полисинтетических двойников по шпинелевому закону и являются, таким образом, усложненными двойниковыми образованиями. С другой стороны, вследствие слабо выраженной гемиэдрии и равенства углов можно ожидать постоянного

изменения знака направления (±), так что бо́льшую часть алмазов можно рассматривать одновременно как очень тонкие сложные двойники по закону Мооса—Розе.

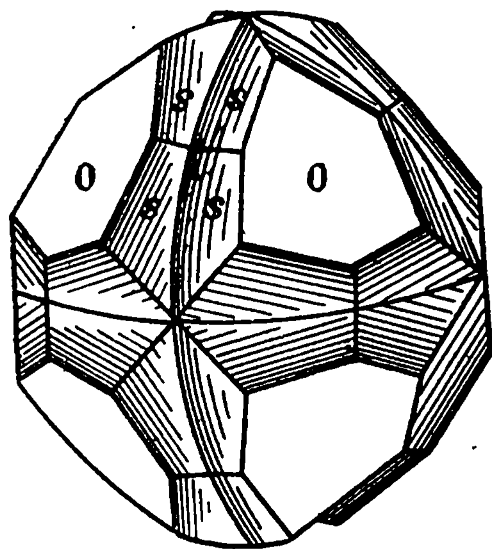


Рис. 125.
Des Cloizeaux. Miner. 1874, tab. 44, fig. 362 (комб. **os** — наша **px**).

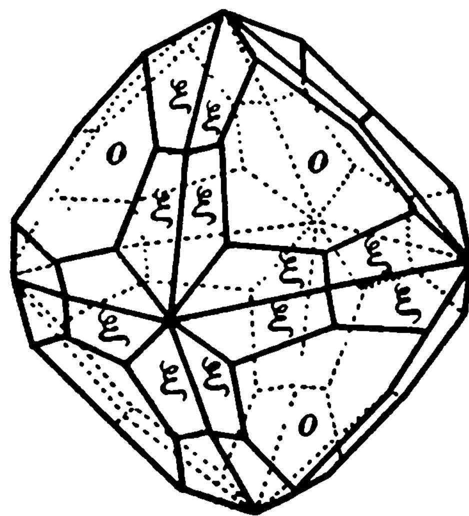


Рис. 126.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 3, Fig. 34. (Бразилия).

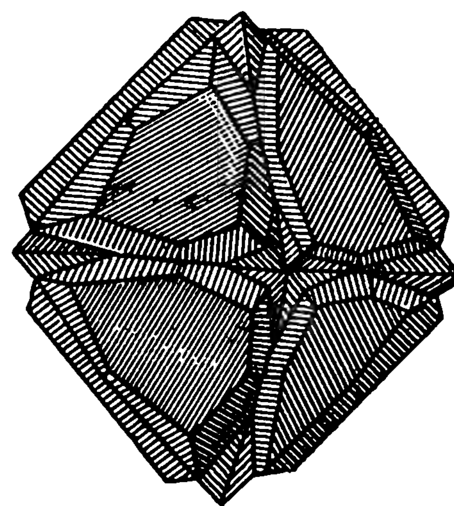


Рис. 127.
Bournon. Cat. 1815, tab. 3, fig. 51.

На накладных фиг. 218, 219, 221—224 индивиды *I* и *II* представлены черными и белыми (принимая в качестве предпосылки наличие двойника по закону Мооса и Розе). Такой способ был принят для более нагляд-

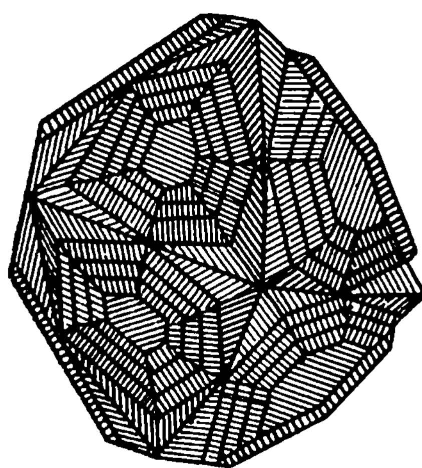


Рис. 128.

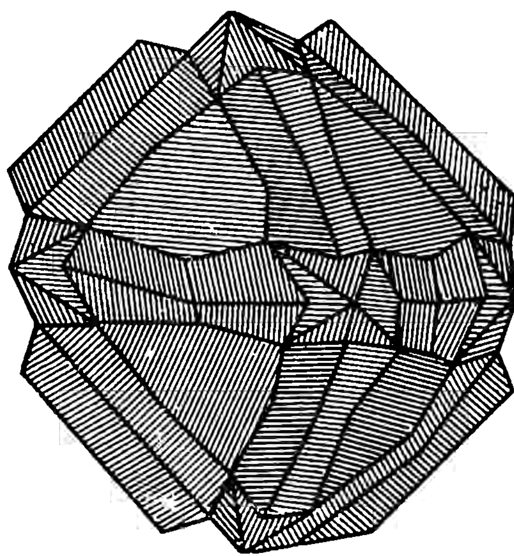


Рис. 129.

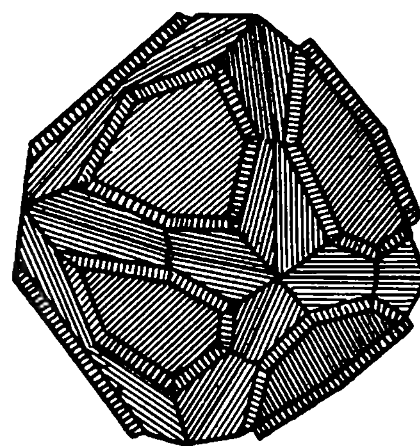


Рис. 130.

Bournon. Catalogue. 1815, tab. 3, fig. 55, 53, 54.[1]

ного сопоставления крист. **101** и **102** с. крист. **103** и **104**, а также для большей понятности картин световых рефлексов на фиг. 223 и 224.

На наших рис. 122—130 воспроизведены аналогичные кристаллы по работам предшествующих авторов.

[1] С отступанием по ребрам октаэдра. Бурнон изображает еще другие кристаллы этого рода: Cat. 1815, fig. 50—69.

Большинство авторов рассматривает эти образования как двойники, в соответствии с процессом, описанным Моосом. Бурнон, Задебек, Гиршвальд и другие (см. стр. 128 и сл.) считают их обыкновенными кристаллами.

Кристалл 103. Табл. 32, фиг. 221, 223 (с накладными фигурами).

Коллекция Придворного музея в Вене (Аа, 3011). Из окрестностей Чита де Диамантина, Серро до Фрио (Бразилия). Вес 12 мг. Чистой воды, с желтоватым оттенком, прозрачный.

Исключительно прекрасный октаэдр с глубокими желобками на месте октаэдрических ребер.

Этот кристалл особенно похож на двойник, образованный прорастанием двух тетраэдров по закону Мооса—Розе. Такое сходство подчеркивается двумя длинными ребрами тетраэдра на месте куба, которые не пересекаются в одной точке.

Выступающие грани **p** плоские и зеркально-отражающие с немногими неглубокими треугольными фигурками роста. На них видны отдельные, резкие, не совсем прямые линии, глубоко врезанные и приблизительно параллельные краям этих граней, или, другими словами, сторонам ямок роста. Назовем их трещинками, хотя вряд ли их можно считать таковыми. Они имеют такой вид, как будто здесь обрываются пластинки или же это надпилы в направлении спайности. Природа трещинок еще не выяснена. Мы не наблюдали подобного явления в других кристаллах, за исключением полисинтетического двойника крист. **123**, состоящего из шести индивидов. Пока что можно только сказать с уверенностью, что это образования роста, связанные со скульптурой на стенках желобков. Узор этой скульптуры (фиг. 221) образует в середине треугольники, вершинки которых направлены в сторону гладкой грани откаэдра. Трещинка на $\mathbf{p}^1$ и $\underline{\mathbf{p}}^2$ идет прямо на эти вершинки. На $\mathbf{p}^4$ маленькая трещинка продолжается в штриховке желобка.

Выяснить вопрос об этих трещинах можно будет только после тщательного изучения образований роста. Пока приходится удовлетвориться сделанными указаниями.

Скульптуру в желобках можно объяснить следующим образом. Желобки, образовавшиеся в результате растворения, покрылись пластинками, когда снова начался рост, причем контуры этих пластинок параллельны одновременно ребрам $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$, что особенно хорошо видно на крист. **105** (фиг. 220).

Поперечная штриховка обусловлена (полностью или частично) длинными ребрами тетраэдра $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$ и $\mathbf{p}^2\mathbf{p}^4$. На крист. **102** (фиг. 218) мы видим ту же самую штриховку, но более тонкую. Новообразованные пластинки дают треугольные выступы в середине желобков.

Если по окончании роста пластинок снова наступило слабое растворение, сгладившее края пластинок, то должен был получиться именно такой рельеф поверхности, какой изображен на фиг. 221.

Не исключена возможность образования пластинок с закругленными краями также и под действием потоков роста. Однако этот вопрос требует дальнейших наблюдений.

Картина световых рефлексов (фиг. 223) — яркая и правильная. Для истолкования этой картины мы допускаем, что крист. **103**, так же как крист. **104**, представляет собою крестообразный двойник прорастания. Каждый индивид — *I* и *II* — состоит из четырех гладких свободно развитых граней тетраэдра ($\mathbf{p}^1$, $\mathbf{p}^3$, $\underline{\mathbf{p}}^2$, $\underline{\mathbf{p}}^4$) и четырех больших округлых граней тетраэдра ($\mathbf{p}^2$, $\mathbf{p}^4$, $\underline{\mathbf{p}}^1$, $\underline{\mathbf{p}}^3$). Последние перекрываются в средней части пеовыми и образуют стенки желобков (ср. с накладной фиг. 221).

Картина световых рефлексов в целом состоит из суммы картин световых рефлексов обоих индивидов — *I* и *II*. Вторая показана на накладной фиг. 223 (черный). Сквозь нее видна картина световых рефлексов индивида *I* (красный). При таком способе отчетливо видна гемиэдрия.

Плоским граням $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$ (накладная фиг. 223) соответствуют яркие точки с короткими ответвлениями. Округлым краям, покрытым скульптурой, соответствуют световые полосы вокруг $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$, состоящие из тонких прямых линий, и полосы [**D**] в зоне [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^2$] и [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^4$]. Кроме того, полосы [**B**] раздваиваются сбоку в направлении **c**, в зоне [$\mathbf{p}^1\mathbf{c}$] и [$\mathbf{p}^3\mathbf{c}$]. Эти полосы в картине световых рефлексов нужно сравнить с таковыми крист. **77** и **79**.

Кристалл 104. Табл. 31, фиг. 214; табл. 32, фиг. 222, 224 (с накладными фигурами).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 15 мг. Чистой воды, прозрачный, зеленоватый на поверхности.

Своеобразно искаженный кристалл. В шести октантах наблюдается шесть граней октаэдра с одиночным рефлексом и без всякой скульптуры; эти грани отделяются резкой границей от желобков с блестящей поверхностью и образованиями растворения. На гранях наблюдается волнистая штриховка в направлении ребер, которую нужно рассматривать как результат закругления бугорков травления, раньше более резко выраженных. Обычная пограничная линия очень отчетлива. Грани октаэдра $\mathbf{p}^4$ и $\underline{\mathbf{p}}^4$ — блестящие, но очень маленькие, они находятся на вершинах шестигранных пирамид, криволинейные грани которых представляют собою продолжение изогнутых боковых стенок желобков. Каким образом это произошло — видно на схематической фиг. 214.

В основании этих пирамид проходит несколько малопонятных пограничных линий, образование которых вызвано своеобразным искажением и связанными с ним отклонением и задержкой растворяющих потоков.

Шестигранная форма пирамид $\mathbf{p}^4$ и $\underline{\mathbf{p}}^4$ становится понятной при рассмотрении схематической фиг. 214. На этом изображении пирамиды трехгранные; каждая из трех граней отвечает одной стороне желобка и, так же как и желобок, делится пограничной линией (образовавшейся при столкновении двух

потоков **c**). В пирамидах эта пограничная линия доходит до вершины. Она является продолжением пограничной линии смежной узкой грани желобка.

Для пояснения картины световых рефлексов (фиг. 224) мы допускаем, что кристалл представляет собой крестовидный двойник, образованный прорастанием двух тетраэдрических индивидов: *I* и *II*. Каждый индивид состоит из одного тетраэдра с плоскими гранями и из одного с округлыми гранями (ср. накладную фиг. 222). Плоские грани тетраэдра — свободные, выступающие; они окружены округлыми тетраэдрами. Грани округлых тетраэдров больше, они глубже входят в кристалл, и середина их скрыта выступающими плоскими гранями другого индивида.

Картина световых рефлексов (фиг. 224), по виду однородная, слагается из рефлексов двух индивидов и становится понятной, если рассмотреть отдельно рефлексы обоих индивидов. С помощью накладной фигуры на прозрачной бумаге мы видим картину световых рефлексов индивида *II* (черный).

При этом отчетливо выявляются гемиэдрия и своеобразие некоторых деталей: единичные проекционные точки для плоских граней $\mathbf{p}^2\mathbf{p}^4$; на месте $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$, наоборот, пустые зоны узлов, от которых отходят пустые зональные области. Так, например, мы видим пустую область вокруг узловой точки $\mathbf{p}^1$, из которой исходят зональные области [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^2$], [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^4$], [$\mathbf{p}^1\mathbf{p}^3$]; соответствующая картина наблюдается вокруг $\mathbf{p}^3$. Кроме того, можно заметить пустую область вокруг узловой точки **c**. В октантах *I* и *III* наблюдается типичная картина световых рефлексов образования растворения.

Сквозь прозрачную бумагу мы видим световые рефлексы индивида *I*, которые объединяются рефлексами индивида *II* и дают общую картину световых рефлексов на фиг. 224. В том месте, где картины световых рефлексов обоих индивидов перекрываются (а именно на зональной линии **cdc**), замечается усиление светового эффекта.

За исходное тело нужно принять октаэдр, который был уже ненормально вытянут в направлении $\mathbf{p}^4\underline{\mathbf{p}}^4$. Скульптура в желобках обусловлена размыванием бугорков травления, которые первоначально были, вероятно, так же резко выражены, как в крист. **101**. Такая же скульптура, как в краях желобков, наблюдается и на гранях пирамид $\mathbf{p}^4\,\underline{\mathbf{p}}^4$; их следует считать генетически однородными с этими краями.

Кристалл 105. Табл. 32, фиг. 220.

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 30 мг. Красновато-бурый.

Этот кристалл является прекрасным дополнением к различным кристаллам с желобками на месте ребер октаэдра. С другой стороны, он представляет собою переход к образованиям без желобков, с гранями роста, наложенными на округлые тела растворения, как, например, в крист. **22, 23, 37, 38, 51**. Крист. **105** относится к числу многих переходов между простыми октаэдрическими кристаллами с округлыми ребрами (крист. **18, 19**) и так называемыми двойниками по закону Мооса — Розе, с целым рядом которых мы уже ознакомились (крист. **101—104**). В этом кристалле трудно разграничить образования роста и растворения. Образованием чистого роста можно считать идеально отражающие грани **p**; они расположены на основании, сложенном октаэдрическими пластинками. Здесь ясно видно, как грани октаэдра достигли своей теперешней высоты благодаря постепенному нарастанию пластин, перекрывавших друг друга.

Рост лежащих между ними частей додекаэдра задержался. Они размывались потоками **c**, и, вероятно, в них начиналась регенерация, так что, если мысленно отбросить наложенные на них октаэдры, то остается конечное тело типа крист. **27**.

Особый интерес данного кристалла заключается именно в этом взаимодействии октаэдра чистого роста и отстающего додекаэдра, стоящего на границе роста и растворения.

Такому генетическому процессу отвечает штриховка на гранях (**d**), частично прямолинейная (в двух направлениях), частично слегка закругленная.

Здесь особенно отчетливо выражены те два типа штриховки в желобках, которые были детально описаны нами для крист. **102** и **103** и которые проходят в зонах [**pdp**] и [**pcp**]. В картине световых рефлексов им соответствуют короткие полосы [**D**] и [**B**].

Картина световых рефлексов походит на картину крист. **104** (фиг. 224), только здесь добавляются полосы [**B**] и [**D**].

Кристалл 106. Табл. 29, фиг. 202; табл. 30, фиг. 210; табл. 31, фиг. 212, 213, 215, 216.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 380 мг. Чистой воды, прозрачный.

Исключительно прекрасный и правильно образованный кристалл. Он имеет вид крестообразного двойника, образованного прорастанием двух тетраэдров по закону Мооса—Розе. С другой стороны, этот кристалл походит на додекаэдр с входящими длинными диагоналями. Наконец, его можно рассматривать как куб с желобками, пересекающими ребра. Возникает вопрос, какое из трех этих толкований является правильным, или же все они, вместе взятые, отвечают действительности.

Прежде всего нужно отметить, что для объяснения этого явления не обязательна предпосылка о двойниковании; кроме того, нам и не нужно истолковывать как двойник этот кристалл и ему подобные, для того чтобы доказать гемиэдрию алмаза, которая уже установлена бесспорно (ср. крист. **74—81** и испытание травлением). С другой стороны, поскольку тетраэдрическая гемиэдрия алмаза доказана, ничто не препятствует истолкованию этих образований как двойников.

В последующем будет изложено, какую точку зрения мы считаем наиболее обоснованной, принимая во внимание, что

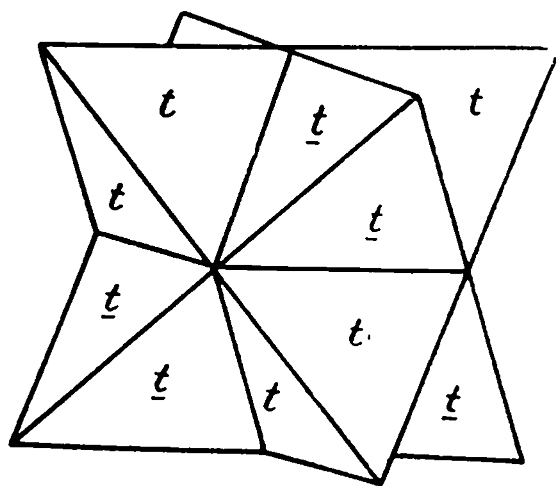
она объясняет детали поверхности и рефлексов, а также и различные переходы, которыми наш кристалл связан с другими изученными нами кристаллами алмаза.

По нашему мнению, этот кристалл является образованием растворения исходного тела роста, подобного крист. **4—6** (фиг. 35, 36, 38), т. е. октаэдру с ложными гранями додекаэдра [**d**]. Растворяющие потоки, стекавшие от местонахождения куба на грани [**d**], сгладили резкие линии ложных граней, заменив их округлыми гранями (**d**), сплошь покрытыми бугорками травления, которые прекрасно развиты в крист. **106** (ср. крист. **28**). В середине граней (**d**), там где сталкиваются два растворяющих потока около коротких диагоналей, наблюдается обычная пограничная линия. В середине русла потока находится либо наибольшая глубина, либо постепенный подъем дна.

На фиг. 215 изображен схематически поперечный разрез в направлении короткой диагонали обоих типов. Грани октаэдра, вероятно существовавшие здесь первоначально, непрерывно округлялись растворением до полного их исчезновения (ср. крист. **31**).

На месте граней куба мы видим ямки высверливания, образованные потоком **c**, как в крист. **58**, **60**, **65**, **107**; здесь они также покрыты прямоугольным узором фигур роста. В одном месте (верхняя часть фиг. 216) мы видим выступающую вершинку вместо ямки высверливания. Такой переход углубления в выступ мы видели уже в крист. **64**. Аналогичные явления наблюдаются в телах растворения кальцита.

На фиг. 216 показана форма поверхности и ход ребер и пограничных линий. На фиг. 202, 210 и 213 наш кристалл изображен в увеличенном виде по снимкам Лейтца; на фиг. 202 — в проекции на грань **p**; на фиг. 210 — в проекции на грань **d**, а на фиг. 213 — в проекции на грань куба. Ориентировка кристалла на этих снимках только приблизительная.



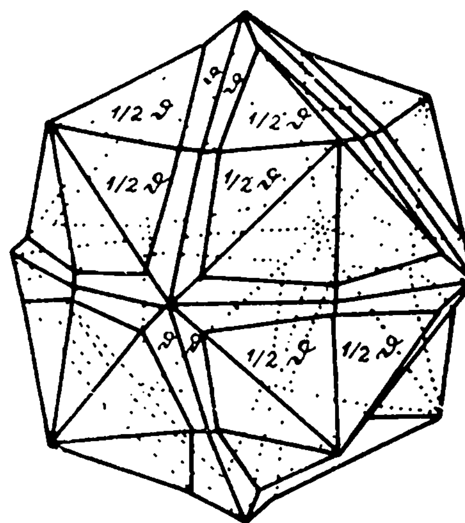


Рис. 131. Рис. 132.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 3, Fig. 30, 35.

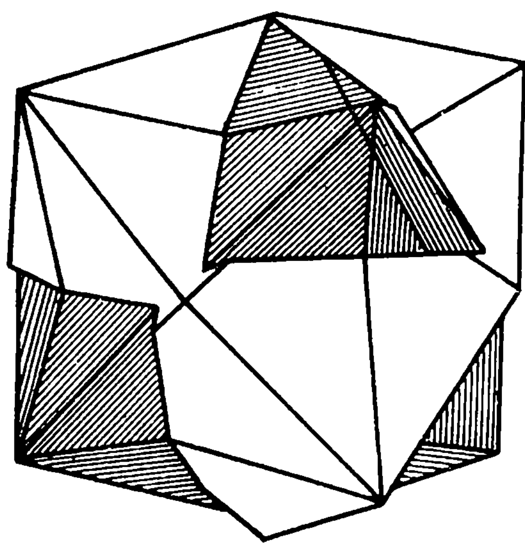
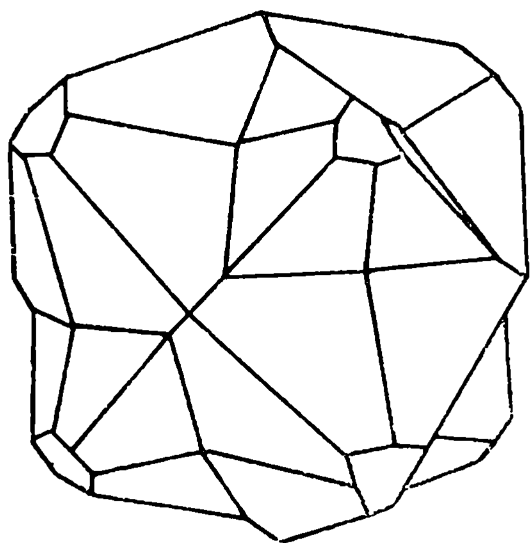


Рис. 133.
Ch. E. Weiss, N. Jahrb. Miner., 1880, 2, Taf. 1, Fig. 3. (Бразилия).

В картине гномонических рефлексов на фиг. 212 плоскостью проекции является грань куба, лежащая впереди на фиг. 216. В общем эта картина походит на таковую крист. **99** (фиг. 211), но здесь отсутствуют прямолинейные полосы роста **[d]** и точки **p**. Полосы **[B]** также имеют несколько иное развитие. Они короткие и выходят из полос **[A]** у полюса. Полосы **[A]** и **[B]** принадлежат к прямолинейной штриховке



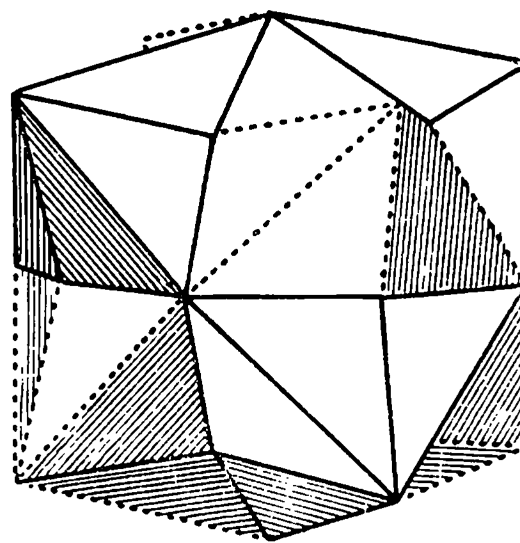


Рис. 134. Рис. 135.
Ch. E Weiss, N. Jahrb. Miner, 1880, 2, Taf. 1, Fig. 4, 2. (Бразилия).

в ямках высверливания на гранях куба.

Полосы (**D**) — бледные, они переходят в яркие полосы (**C**) и (**E**), сливающиеся в эллиптическое кольцо, они соответствуют бугоркам травления, покрывающим грани.

Рис. 131—136 воспроизводят по работам предшествующих авторов изображения аналогичных образований и переходов к октаэдрам с надпилами на ребрах.

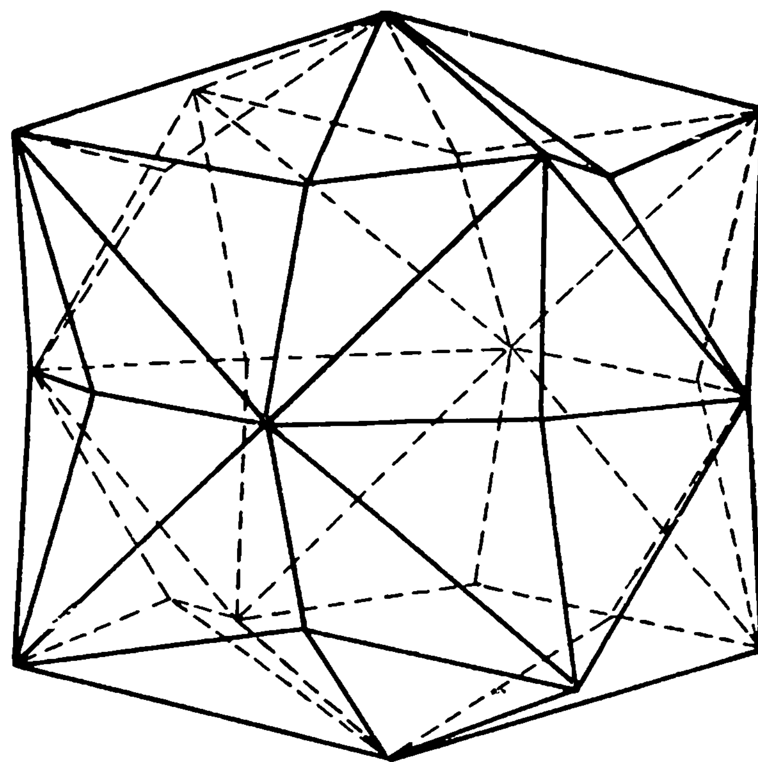


Рис. 136.
Breithaupt. Handb. Miner. 1847, 3, Taf. 14, Fig. 332.

Кристалл 107. Табл. 31, фиг. 217.

Коллекция Института минералогии и петрографии Венского университета (№ 1201). Капская провинция (Южная Африка). Вес 285 мг. Чистой воды, чистый, прозрачный.

Походит на крист. **106.** Грани **c** больше, с более глубокими ямками травления, местами отделенными друг от друга округлыми участками граней. Последние образуют в совокупности неправильную округлую грань **c**, покрытую ямками высверливания. На месте грани $\mathbf{p}^1$ находится шестигранная пирамида с округлыми гранями. В основании она окружена довольно плоскими участками граней, имеющими приближенно положение $\mathbf{p}^1$. С точки зрения генезиса это странно. Вероятно, объяснение заключается в следующем. Когда в результате растворения положение какой-либо грани приближается к **p**, то здесь усиливается тенденция к росту и грань регенерирует и достигает положения **p**. Этой тенденцией к росту объясняются также и приподнятые участки в середине ложных граней (**d**) на крист. **106** и **107**. Наросты, аналогичные наблюдающемуся около $\mathbf{p}^1$, мы видим и на

других вершинках куба; особенно ярко выражено такое образование около p^4, оно имеет вид почти замкнутого додекаэдра.

Что касается картины световых рефлексов, то нужно указать, что там, где основание пирамиды окружено почти октаэдрическими гранями, как в p^1, мы видим яркие полосы (**D**), выходящие из полей (**CE**) и протягивающиеся почти до точек **p**.

Двойники по шпинелевому закону

Крист. **108—124**

Двойники по шпинелевому закону очень распространены среди алмазов. Можно разбить их на две главные группы.

1. Состоящие из индивидов октаэдрического и додекаэдрического облика с переходными рядами A, B, C (стр. 151—204; кристаллы со швом).

2. Состоящие из индивидов гексаэдрического облика (гексаэдрические двойники прорастания).

В этих двух группах наблюдаются те же самые образования роста и растворения, как и в отдельных кристаллах.

Октаэдрические и додекаэдрические шпинелевые двойники (кристаллы со швом)

Крист. **108—117**

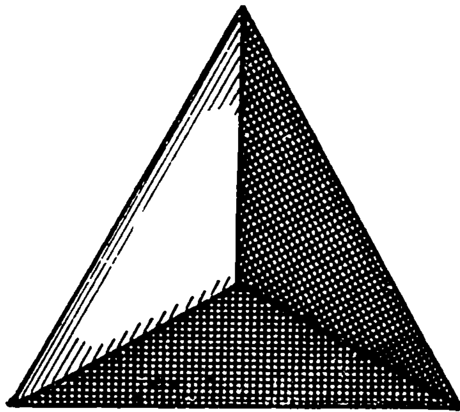
Все наши рисунки поверхности двойников (кроме фиг. 245) имеют такую же ориентировку, как на схематической фиг. 230.

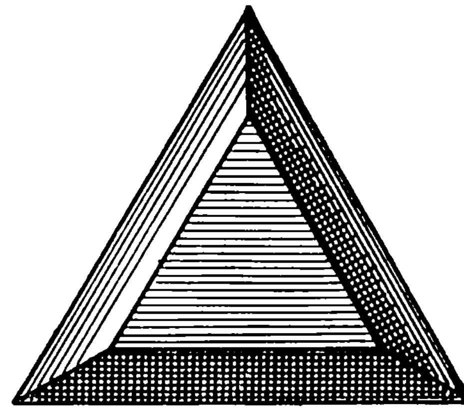
В этой группе наблюдается, как правило, уплощение по плоскости двойникования. Двойники этого типа называются ювелирами кристаллами со швом.

По всей вероятности, каждый индивид двойника, так же как и в простых кристаллах, представляет собою сложное двойниковое образование, состоящее из октаэдрических пластинок. Пластинки полисинтетических двойников выступают особенно отчетливо при растворении и размыве (ср. табл. 12, фиг. 86 и 87). Судя по этому признаку, наши

двойники являются **сложными двойниками**. Интересны образования роста на границе срастания, как, например, в крист. **115**.

Шпинелевые двойники алмаза часто описывались и изображались. На рис. 137—153 мы воспроизводим некоторые





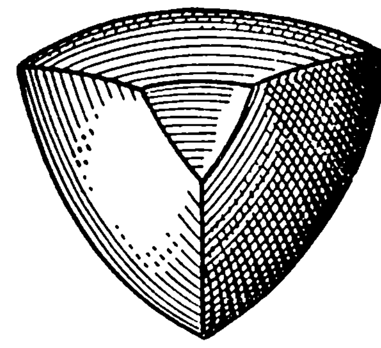


Рис. 137. Рис. 138. Рис. 139.
Romé de l'Isle. Cristallographie. 1783, **4**, tab. 4, fig. 33, 34, 68.

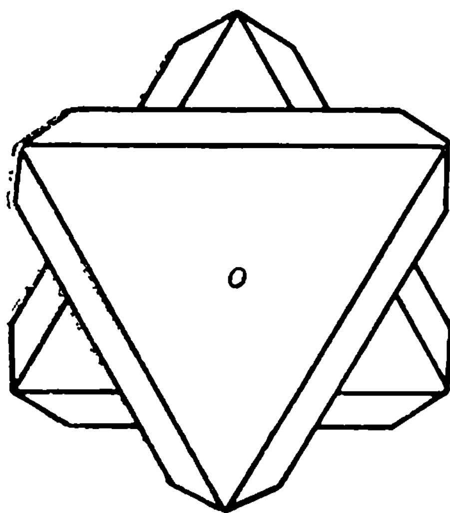


Рис. 140.
E. S. Dana. Syst. 1892, 76.

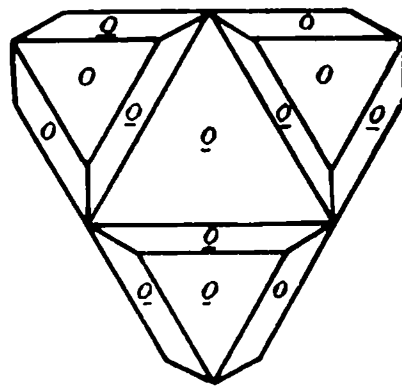


Рис. 141.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 2, Fig. 25. (Бразилия).

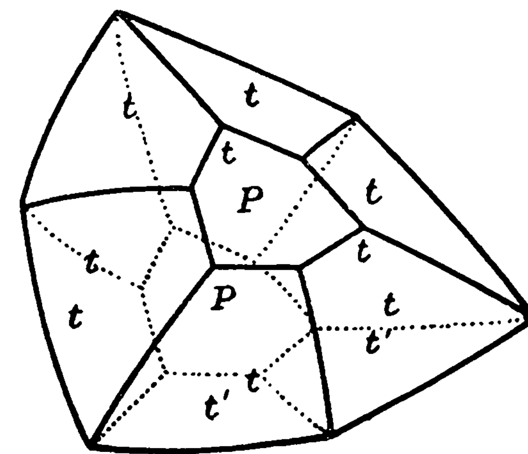
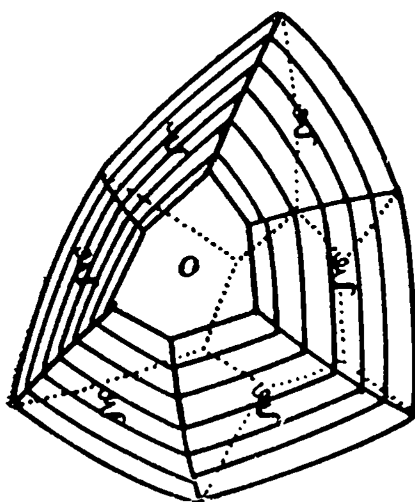
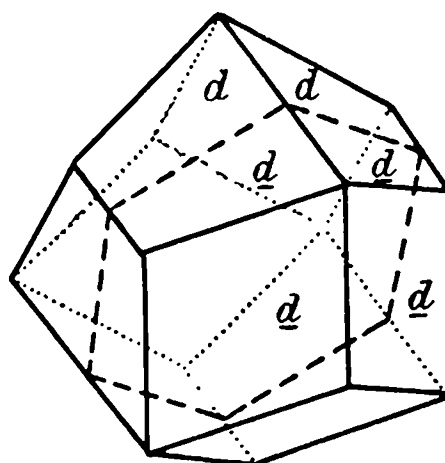


Рис. 142.
Haidinger, Edinb. journ. of sc., 1824, 1, tab. 3, fig. 8.





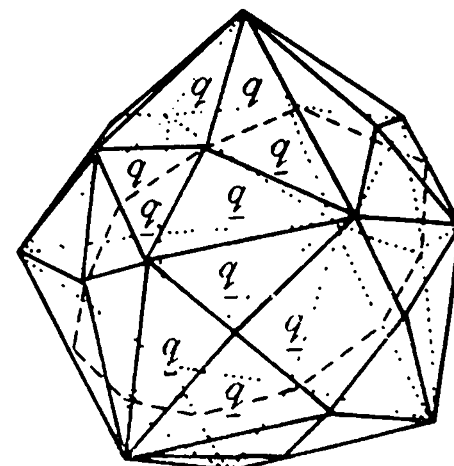


Рис. 143. Рис. 144. Рис. 145.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 2, Fig. 16, 23, 15.

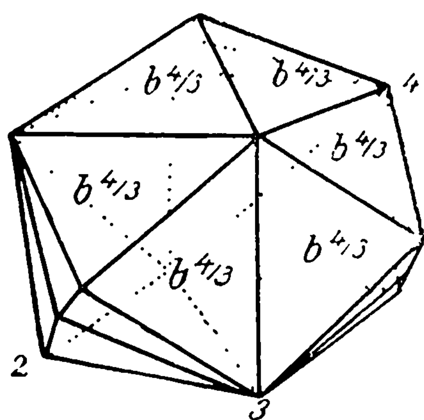


Рис. 146.
Dufrénoy. Miner. 1856, tab. 225, fig. 6.

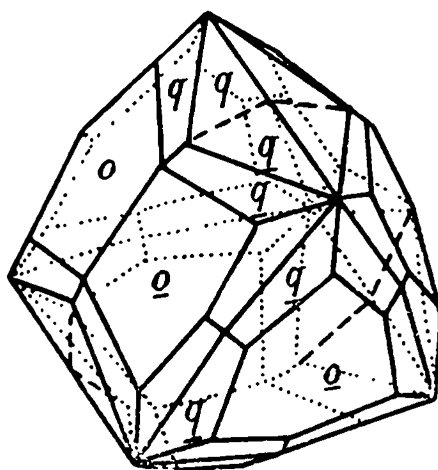


Рис. 147.

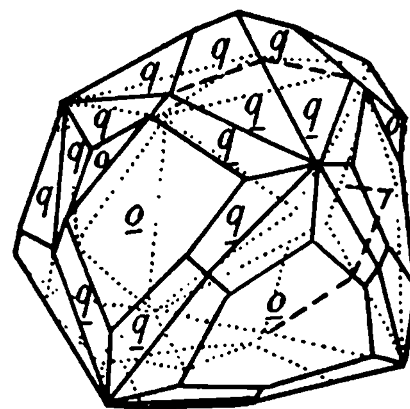


Рис. 148.

Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 2, Fig. 14, 17.

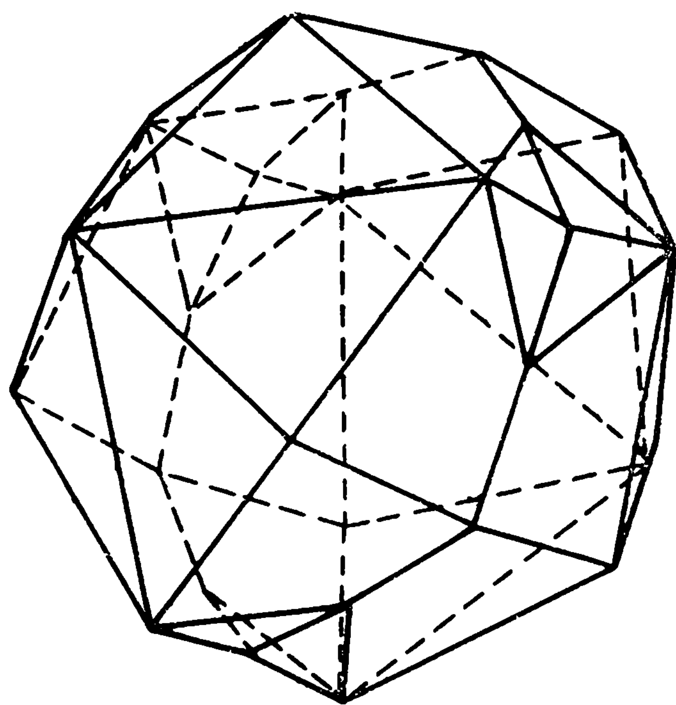


Рис. 149.
Breithaupt. Handb. Miner., 1847, 3, Taf. 14, Fig. 331.

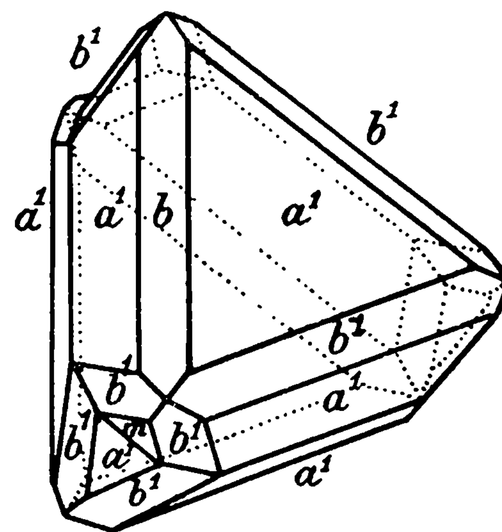


Рис. 150.
Lévy. Descript. 1837, tab. 83, fig. 8. (Бразилия).

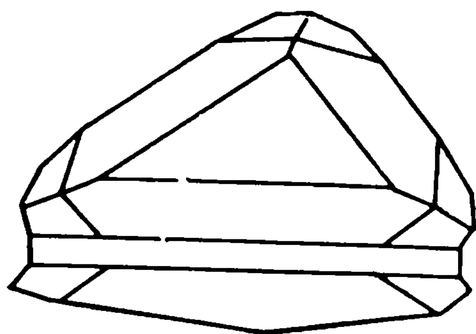


Рис. 151.
Bournon. Cat. 1815, tab. 2, fig. 34.

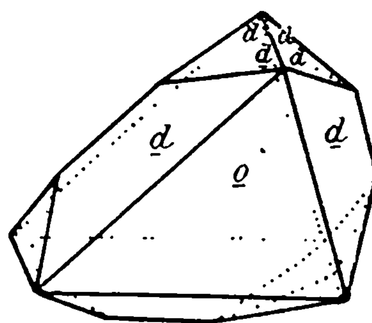


Рис. 152.
Sadebeck. Angew. Krist., 1876, Taf. 2, Fig. 36.

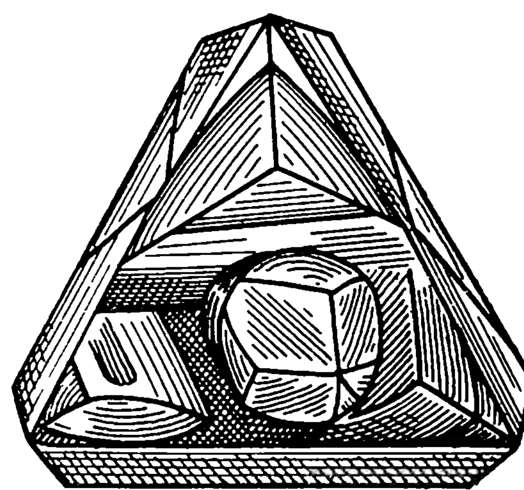


Рис. 153.
Martin, Zeitschr. Geol. Ges. 1878, 30, Taf. 21, Fig. 5. (Бразилия).

наиболее типичные изображения по работам предшествующих авторов.

Кристалл 108. Табл. 34, фиг. 230 (с накладной фигурой), 231.

Минералогическая коллекция Боннского университета. Кимберлей (Южная Африка). Просвечивающий, серый.

Шпинелевый двойник, любезно предоставленный нам для исследования Р. Браунсом. Образование этого кристалла закончилось стадией роста, на нем наблюдаются обычные фигурки роста.

Кристалл 109. Табл. 33, фиг. 225, 226; табл. 34, фиг. 232 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 13 мг. Чистой воды, бесцветный, прозрачный.

Маленький шпинелевый двойник. Индивид, показанный синим на накладной фиг. 232, очень маленький; он окружен наросшими на нем „красными“ индивидами. Плоскость двойникования, которая является одновременно плоскостью срастания, представлена на наших рисунках (и в картинах световых рефлексов, фиг. 225 и 226) гранью октаэдра $\mathbf{p}^3$.

Фиг. 226 представляет собою гномоническую проекцию на грань **c**, в схематическом изображении, причем здесь показаны только точки **p** и **c** и полосы [**D**] в зоне **pdp**. На фиг. 225 мы видим картину световых рефлексов крист. **109** в той же самой установке.

Здесь наблюдаются только полосы роста [**d**], соответствующие исштрихованным ребрам октаэдра. Крист. **109** является образованием чистого роста.

Видный в верхней части фиг. 232 входящий угол выполнен октаэдрическими пластинками. Это довольно характерное явление для алмазных двойников.

Кристалл 110. Табл. 33, фиг. 227; табл. 34, фиг. 234 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 35 мг. Бесцветный, чистый, прозрачный.

Кристалл представляет собою шпинелевый двойник. Поверхность его изображена по возможности точно на фиг. 234; плоскость двойникования находится в положении плоскости **p** октанта IV. Индивид, показанный на накладном листе синим, — маленький, он окружен другим индивидом (красным). Верхний входящий угол выполнен октаэдрическими пластинками.

В этом кристалле особенно интересны глубокие надпилы, имеющие вид желобков, которые делят „красный" индивид на части. Такие желобки следуют направлению спайности, и их нужно, вероятно, рассматривать как трещинки спайности, углубленные растворением. Местами они заканчиваются ямкой высверливания. На фиг. 234 изображены два верхних желобка с ямками высверливания.

Картина световых рефлексов (фиг. 227) дана в гномонической проекции на грань **c** „красного" индивида. Она состоит из сильно изогнутых полос **(D)**; для этой картины довольно характерны короткие полосы [**B**], выходящие из двух точек **p**. Для большей понятности следует сравнить этот рисунок с фиг. 225 и схематической фиг. 226.

Кристалл 111. Табл. 33, фиг. 228; табл. 34, фиг. 235 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 15 мг. Бесцветный, чистый.

Кристалл представляет собою шпинелевый двойник. Индивид, показанный красным на накладной фиг. 235, является образованием чистого роста. Это октаэдр, сложенный пластинками. В картине световых рефлексов ему соответствуют резкие точки **p** и полосы [**D**]. „Синий" индивид, в противо-

положность „красному“, довольно своеобразный. Отдельные части его, а именно те, которые расположены на границе двойникования, имеют характер образований роста. По мере удаления от этой границы они переходят в сильно закругленные грани (**d**), которые являются образованиями растворения.

Картина световых рефлексов (фиг. 228) передает очень наглядно разный характер двух половин кристалла — „красного“ и „синего“ индивидов. Для пояснения связи между поверхностью и картиной световых рефлексов на фиг. 228 и на накладной фиг. 235 показана прерывистой линией зона [$\mathbf{p}^3$, $\mathbf{p}^5$, $\mathbf{p}^6$].

Генетически этот кристалл относится к тем образованиям, в которых формирование отдельных частей происходило одновременно, но закончилось на разных стадиях. По нашему мнению, причиной тому были разные условия в окружавшем кристалл маточном расплаве и неодинаковое влияние на него соседних кристаллов (ср. крист. **15**, **52**, **54**, **91**, **92**).

Кристалл 112. Табл. 34, фиг. 233 (с накладной фигурой).

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 8 мг. Прозрачный, чистый, с желтоватым оттенком.

Кристалл представляет собою шпинелевый двойник, сильно уплощенный по двойниковой плоскости. Это образование того типа, который называют кристаллом со швом. Входящие вершинки полностью регенерировали, большие, прекрасно отражающие грани **p**, окружены узкими ложными гранями додекаэдра (**d**), образующими почти везде тонкий, резко выраженный желобок; местами они округлые, как ребра крист. **101**. Узкие грани **p** на двойниковой границе тоже зеркально гладкие. Не считая слабо выраженных бороздок на ложных гранях додекаэдра, мы видим здесь образование чистого роста.

Картина световых рефлексов состоит из ярких точек **p** и бледных полос [**D**]. Последние постепенно переходят в бледные полосы (**D**).

Кристалл 113. Табл. 34, фиг. 236 (с накладной фигурой).

Коллекция Г. Зелигмана. Бразилия. Вес 10 мг. Прозрачный, чистый, зеленоватый на поверхности.

Маленький, слегка сглаженный шпинелевый двойник; это комбинация **p** и [**d**] с немного закругленными, несколько входящими, неправильными гранями **c**. В картине световых рефлексов полосы слегка расплывчатые, как в крист. **46** (табл. 16, фиг. 108), но всё же здесь они резче и правильнее.

Входящие углы не изменены регенерацией, что редко для двойников алмаза. На гранях **p** наблюдаются остатки плоских треугольных фигурок роста, сглаженных вследствие размывающего действия растворов.

Кристалл 114. Табл. 35, фиг. 237; табл. 36, фиг. 243 (с накладной фигурой).

Коллекция А. Нис, в Майнце. Южная Африка. Вес 405 мг. Прозрачный, слегка буроватый.

Этот кристалл представляет собою шпинелевый двойник, слегка уплощенный по двойниковой плоскости (кристалл со швом). Ребра октаэдра замещены округлыми гранями (**d**), как в крист. **22** (табл. 9, фиг. 64); грани **p** — плоские с очень плоскими фигурками роста.

Все входящие вершинки регенерировали и выполнены октаэдрическими пластинками. На границе срастания на обоих индивидах наблюдаются резко выраженные треугольные ф и г у р к и р о с т а, причем в середине двойникового шва они крупнее и их больше, чем возле вершин. Эти фигурки чрезвычайно интересны: они еще раз подтверждают, что вблизи от двойникового шва условия благоприятствуют росту (ср. крист. **118, 119**). За счет этих условий, благоприятствующих росту, следует отнести также регенерацию входящих углов.

В стереографической проекции картины световых рефлексов на большую грань **p** „синего“ индивида (фиг. 237) пре-

красно видны эти резко выраженные образования роста на границе двойников. Общая обоим индивидам пограничная зона представлена экватором (основной круг с расстоянием между полюсами $\rho = 90°$); только здесь мы видим внутри криволинейных полос (**d**) резкие прямолинейные полосы [**D**], которые пересекаются в точке **p**, общей для обоих индивидов. В одном месте наблюдается даже особенно яркая точка, соответствующая маленькой плоской грани **d**.

Между полосами (**D**), выходящими из полюса, отсутствуют резкие полосы [**D**], отвечающие росту.

Кристалл 115. Табл. 33, фиг. 229; табл. 35, фиг. 238; табл. 36, фиг. 244 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Южная Африка. Вес 255 мг. Бесцветный, чистый, прозрачный.

Двойник по шпинелевому закону. Изображен по возможности близко к натуре на фиг. 244. Оба индивида представляют собою округлые додекаэдры. Для большей ясности рисунок (фиг. 244) повернут на 180° против нашей обычной ориентировки в плоскости рисунка. Так же мы поступили с рис. 154 и фиг. 229 (табл. 33).

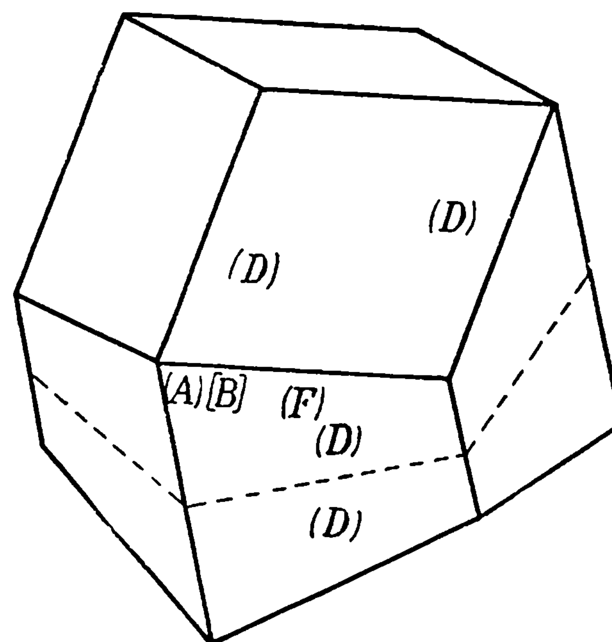


Рис. 154.

Характер округлых граней (**d**) обычный и не требует более детального описания. Особый интерес представляют два явления возле плоскости срастания, которые мы разберем здесь более подробно.

1. На гранях (**d**), смежных с плоскостью двойникования, полностью отсутствует пограничная линия или она только слегка намечается легким изгибом. Соответственно в картине световых рефлексов (фиг. 238) видна только одна полоса (**D**) (внутренняя), тогда как обычно экваториальная линия пересекается парой таких полос. Вторая

(наружная) полоса отсутствует или она очень бледная. Генетически это явление объясняется тем, что грани (**d**) имеют вершину **c** только с одной внутренней стороны, обращенной к полюсу **p**, и только с этой вершинки стекал поток **c** на данную грань. Таким образом, пограничная линия отсутствует потому, что здесь отсутствовал встречный поток, стекавший с другой стороны. Ср. направление потоков на фиг. 229 (табл. 33).

2. Второе интересное явление — это особенно резко выраженные пластинки роста, покрывающие двойниковый шов. Эти образования напоминают экваториальные гребни на сдвойникованных кубах крист. **118** и **119**. В рефлексе им соответствуют, с одной стороны, резкие полосы (**D**), пересекающие экваториальный круг в зональной области между расплывчатыми полосами (**D**), а с другой — яркие полосы [**B**], переходящие на одном конце в полосы (**A**), а на другом — в полосы (**F**).

Схематическая фиг. 229 (табл. 33) и накладной лист к фиг. 244 наглядно поясняют связь между штриховкой, потоками и полосами в картине световых рефлексов. Направление потоков показано стрелками. Буквенные обозначения световых полос в рефлексе на фиг. 229 поясняются сравнением их с рис. 154. Нужно обратить особое внимание на то, что штриховка совпадает с направлением потоков и перпендикулярна к полосам в картине световых рефлексов.

Наш кристалл явным образом представляет собою образование растворения; но потоки, стекавшие с полюсов, задерживались на двойниковом шве и вызвали образование штриховки, обусловленной пластинками роста.

Кристалл 116. Табл. 36, фиг. 245 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Месторождение не известно. Вес 70 мг. Чистый, просвечивающий, слегка желтоватый.

Совершенно плоский додекаэдрический двойник. Фиг. 245 дает изображение головки в проекции на плоскость двойни-

кования. Видимые части нижнего индивида („синий" на накладной фигуре) почти параллельны плоскости двойникования **p**. На них наблюдаются своеобразная штриховка и гранки. Трудно истолковать их генетически, так как здесь сталкивались разные потоки. Однако в „синем" индивиде наблюдаются пограничная линия, являющаяся продолжением пограничной линии „красного" индивида, и штриховка, образовавшаяся, повидимому, под влиянием штриховки и потоков на „красном" индивиде, имеющих почти такое же направление.

Это явление интересно как пример образования гранок и штриховки на одном кристалле под влиянием соседнего с ним. В отношении образования граней [Гольдшмидт] назвал такое воздействие „индукцией", а грани, образованные таким образом, — „индуктированными".[1]

В этом кристалле мы видим ясно выраженные образования растворения. На границе — незначительные, размытые образования роста в зоне **pdp**. Картина световых рефлексов бледная и мало характерная.

Кристалл 117. Табл. 36, фиг. 246 (с накладной фигурой).

Коллекция В. Гольдшмидта. Бингара (Австралия). Вес 20 мг. Светлый, винно-желтый, просвечивающий.

Шпинелевый двойник, слегка уплощенный. Двойниковый шов представлен тонкой линией; входящие углы около него почти регенерировали и имеют вид плоских углублений. Округлые грани (**d**) — гладкие и блестящие, покрытые остатками бугорков травления, которые слились и образуют легкую волнистую штриховку. Обычная пограничная линия слабо выражена и расплывчата.

Интересны ямки высверливания в точках **p**. Они матовые и имеют форму неправильных округлых чашечек,

---

[1] V. Goldschmidt, Zeitschr. Krist., 1907, **42**, 596. — Nies u. Goldschmidt. Über Korund. N. Jahrb. Miner., 1908, **2**, 109.

а их вогнутые внутрь края — гладкие. В этих октаэдрических ямках высверливания отсутствует штриховка роста, характерная для кубических ямок высверливания. Генезис здесь понятен. На высверленных гранях куба пластинки имеют направление главной формы роста, октаэдра, который в данном случае сам является высверленным, т. е. он не относится к образованиям роста.

Ямки высверливания не глубоки, в картине световых рефлексов они не дают отражения, так как поверхность их матовая и шероховатая.

Генетически можно рассматривать эти ямки как результат высверливания потоками **p**, после слияния ямок травления вокруг точки **p**. Нужно сравнить эти ямки с ямками травления на грани октаэдра крист. **78** и **131**, а также со своеобразными большими октаэдрическими ямками высверливания крист. **67**. В одной партии алмазов из Австралии было много кристаллов такой формы.

Гексаэдрические двойники прорастания

Крист. **118—122**

До настоящего времени кристаллы этого интересного ряда известны только из Бразилии. Они описывались разными авторами, но изображения их имеются лишь схематические, наподобие рис. 155, и нет детального описания и изображений скульптуры поверхности этих кристаллов. Между тем, поверхностные образования данной группы чрезвычайно разнообразны и очень важны, поскольку они разъясняют процессы генезиса.

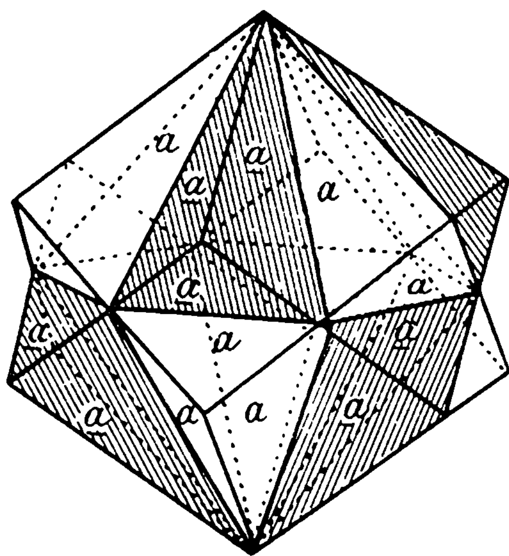


Рис. 155.
Groth. Strassb. Samml. 1878, Taf. 1, Fig. 5.

На наших рисунках и изображениях стереографических проекций двойниковая плоскость находится в горизонтальном положении.

Кристалл 118. Табл. 35, фиг. 239—242; табл. 36, фиг. 247, 248 (обе с накладными фигурами); табл. 37, фиг. 249 (с накладной фигурой), 251; табл. 38, фиг. 254—256 (с накладными фигурами), 258.

Коллекция В. Гольдшмидта. Байя (Бразилия). Вес 35 мг. Бесцветный, мутный, слегка просвечивающий.

Двойник прорастания, состоящий из двух кубических кристаллов, в котором плоскостью двойникования является грань октаэдра. На границе двух кристаллов (фиг. 248) наблюдаются входящие углы. Назовем их н а д п и л а м и. Они бывают двух родов: 1) м е р и д и о н а л ь н ы е, т. е. проходящие от полюса к экватору; 2) э к в а т о р и а л ь н ы е, совпадающие с экваториальной линией. Эти два рода надпилов противоположны друг другу, что проявляется как в рельефе поверхности, так и в картине световых рефлексов. Необходимо исследовать эту противоположность, которая имеет генетическое значение.

На фиг. 247 видно, что экваториальные надпилы образуют гребень у горизонтальной пограничной линии, который резко отделяется от смежных граней гексаэдра. На фиг. 251 дан схематический вертикальный разрез двойника, здесь видны экваториальный надпил и гребень. Последний сильно заостряется, причем сверху и снизу он ограничен узкой вытянутой гранью октаэдра. На этих гранях наблюдается резкая штриховка в зоне [**pdp**], обусловленная рядом наложенных друг на друга треугольных октаэдрических пластинок. В рефлексе эти пластинки дают октаэдрическую точку, а штриховка их краев — прямолинейную полосу [**D**] в зоне [**pdp**].

Судя по картине световых рефлексов и по поверхности, гребни являются несомненно образованиями роста. Это единственные образования роста на крист. **118**, кроме штриховки в ямках на гранях **c**. Все остальные образования должны быть отнесены за счет растворения.

Что касается экваториальных гребней, то нужно подчеркнуть, что они представлены гранями октаэдра, т. е. именно теми гранями, рост которых продолжается даже в тех случаях, когда отстает рост всех других образований или когда они растворяются.

Кроме того, эти гребни образуют выступы именно на экваторе, и нужно выяснить, почему они находятся здесь, а не в нормальном месте октаэдра, притупляющего вершины куба. Как объяснить это явление?

Место их нахождения совпадает с расположением желобков растворения и экваториальных гребней в телах растворения кальцита. Здесь наблюдались гребни при травлении фосфорной кислотой и желобки при травлении уксусной и винной кислотами.[1]

Образование гребней поясняется в статьях Гольдшмидта: „О фигурах травления“[2] и „Механика процесса растворения“,[3] а также в Общей части данного труда (см. стр. 75 и сл.).

По нашему мнению, здесь имел место следующий процесс. Расплавленная магма, окружающая кристалл и обусловливающая его растворение, действует главным образом перпендикулярно к грани куба **c**. В связи с этим растворяющий поток устремляется на грани **c**, высверливает их и стекает частично обратно в том же направлении, частично (в монокристаллах) он переливается через ребра. В двойниках пути стока зависят от имеющихся надпилов. Растворяющие потоки воздействуют на все грани куба одновременно, однако направления стока разные для разных частей грани куба. В этом отношении каждая грань куба делится на три части:

---

[1] Goldschmidt u. Wright, N. Jahrb. Miner., 1904, Beil. Bd. **18**, Taf. 29, Fig. 8 u. 10; Taf. 33, Fig. 30; Taf. 34, Fig. 26.

[2] V. Goldschmidt. Über Ätzfiguren... Zeitschr. Krist., 1904, **38**, 273—278.

[3] V. Goldschmidt. Zur Mechanik des Lösungsprozesses. Zeitschr. Krist., 1904, **38**, 113—121.

две около полюса (**O**[1]) и одну около экватора (**M**[1]) (накладная фиг. 254). В частях, расположенных около полюса, компоненты стекающих потоков сливаются в одну равнодействующую силу меридионального направления.

Мы допускаем, что эти меридиональные потоки текут от полюса к экватору в общую точку **d**; в пользу такого взгляда говорит многое, особенно в описанном далее крист. **119**. Меридиональные потоки, стекающие с обоих полюсов, встречаются на экваторе и задерживаются здесь. Одновременно они задерживают и потоки, вытекающие из экваториального надпила. Это — условия, благоприятствующие росту (ср. рис. 157, стр. 289).

Чтобы лучше понять генетические условия для таких удивительных кристаллов, нужно детально описать рельеф их поверхности и соответствующие ему рефлексы. К этому мы и перейдем теперь.

Грани **c** покрыты изящными ямками травления, с пластинками роста внутри, которые расположены в зоне **pdp**. Эти ямки становятся глубже в середине меридионального надпила и площе в экваториальных надпилах. Форма их также различна. В меридиональных надпилах ямки часто вытянуты в направлении надпилов, а в экваториальных надпилах они в основном квадратные.

Ребра куба замещены гранями (**d**) с перегибом; они пересекаются округлыми желобками стока и стали таким образом волнистыми. Они блестящие, и на них наблюдаются еще еле заметные остатки бугорков травления. На экваторе, там, где пересекаются ребра, виден округлый участок грани в форме холма, на месте и в положении граней **d**, общих для обоих индивидов.

Острый гребень роста в экваториальном надпиле дополняет это красивое двойниковое образование. Описание такого гребня будет дано при рассмотрении крист. **119**.

На накладной фиг. 247 и в картине световых рефлексов оба индивида показаны разным цветом — красным и синим;

поэтому мы будем говорить в дальнейшем о „синем“ и „красном“ кристаллах.

На фиг. 241 приводится стереографическая проекция полос в рефлексе крист. **118**. Она не идеализирована (как можно было бы думать, судя по чрезвычайной правильности рисунка), а вычерчена на основании точного нанесения 190 точек.

Объяснение этого рисунка можно найти в схематизированной стереографической проекции фиг. 249 с накладной фигурой. На ней видны важнейшие узлы и полосы в картине световых рефлексов. На накладной фиг. 249 показаны особо своеобразные полосы **[B]**, **(F)** „синего“ кристалла. Полосы рефлексов этого кристалла изображены также в проекции на фиг. 242. Они нанесены здесь на гексаэдр, в соответствии с положением „синего“ кристалла на фиг. 247. Эти рисунки и буквенные обозначения главных узлов и световых полос на накладной фиг. 249 разъясняют сложную картину световых рефлексов данного кристалла.

Картина световых рефлексов требует специального описания и объяснения.

Маленький синий треугольник на полюсе соответствует еле заметной грани **p**, исштрихованной в трех направлениях, которая параллельна плоскости двойникования.

Четыре однородных красно-синих поля известны нам как поля **(CE)** в отдельных индивидах (ср. крист. **32**, фиг. 80); они образуют в то же время и средние части граней **(D)** (ср. схематизированную картину световых рефлексов, фиг. 249). Эти поля соответствуют шести округлым граням с перегибами на ребрах куба, идущих к полюсу.

Дальше от полюса следуют, чередуясь, красные и синие четырехконечные звезды, состоящие из полос **(A)**, которые расположены вокруг граней **c**. Они соответствуют ямкам **c**. От этих звезд протягиваются две полосы **[B]**, образующие изгиб и расширяющиеся около точек **p**, расслаиваясь и образуя ряд световых нитей. Изгибающиеся полосы, которые

мы назовем полосами (**F**), направлены в сторону важных полос [**D**], пересекающих экваториальный круг. Полосы (**F**) характерны именно для кубических двойников. Последние изображены на накладной фиг. 249.

Еще дальше от полюса мы видим резкие полосы роста и точки **p**, относящиеся к экваториальному гребню. Это полосы [**D**] (красные и синие), которые пересекаются в общих точках **d** на экваторе. Точки **p** имеют довольно своеобразную форму, которая будет рассмотрена более детально при описании крист. **119**.

Попытаемся теперь объяснить своеобразный характер полос (**F**). Эти полосы относятся к ямкам на гранях куба, но только к тем из них, которые находятся в меридиональных надпилах. Ямки в экваториальных надпилах не дают подобных полос в рефлексе.

На фиг. 255 дано схематическое изображение ямки травления из экваториального надпила, а на накладном листе показан соответствующий рефлекс, состоящий из креста (**A**) и полос [**B**].

На фиг. 256 дано (идеализированное) схематическое изображение ямки травления из меридионального надпила с отвечающим ему рефлексом на накладном листе.

Соответствующие части рефлекса на поверхности имеют одинаковые буквенные обозначения. Во всех случаях полоса в рефлексе проходит перпендикулярно к штриховке. На фиг. 256 видна также связь между штриховкой и рефлексом, с одной стороны, и потоком **cp** и меридиональным потоком (образующими угол в 15°) — с другой. Этот угол равен углу между стенками ямки (параллельными диагонали куба) и краем меридионального надпила (фиг. 254). Изгиб пластинчатой штриховки связан с меридиональным потоком; перегиб полосы (**F**) перпендикулярен к этому изгибу.

Под микроскопом эти фигурки походят скорее всего на схематическое изображение фиг. 255. Направление линий, аналогичное изображенному на фиг. 256, не могло быть

установлено. Однако в ямках должны существовать эквиваленты полос (**F**), хотя бы только в форме максимальных изгибов, которые дадут полосу (**F**) при суммировании их рефлексов.

Такое суммирование света и рефлекса, соответствующего неясно выраженным частям поверхности, не является чем-то особенным.

Этим способом можно получить (на основании рефлекса) некоторые данные, которые нельзя установить при наблюдении поверхности.

В нижеописанном крист. **119** также наблюдаются полосы (**F**). В нем удалось установить достоверно поверхностные образования (штриховку **F**), соответствующие изгибу в рефлексе. Они разобраны более детально при описании этого кристалла и изображены на фиг. 258.

Нужно указать одну особенность полосы (**F**) в картине световых рефлексов. Она может содействовать разрешению вопроса о потоках. Полосы ($\mathbf{F}^1$), ($\mathbf{F}^3$) изгибаются книзу, но они выходят не из двух нижних разветвлений $\mathbf{A}^3$ и $\mathbf{A}^4$, а из двух верхних — $\mathbf{A}^1$, $\mathbf{A}^2$ (ср. накладные фиг. 255 и 256). Изображение здесь не вполне точно — в схематизированном рисунке наблюдается известное преувеличение, но факт остается фактом: нижние части картины световых рефлексов соответствуют нижней части ямки.

Кристалл 119. Табл. 35, фиг. 239, 240, 242; табл. 36, фиг. 248 (с накладной фигурой); табл. 37, фиг. 250, 251; табл. 38, фиг. 254—256, 258.

Коллекция Минералогического института Фрейбергской горной академии. Бразилия. Вес 50 мг. Бесцветный, чистый, просвечивающий.

Кубический двойник исключительной красоты и правильного образования. Он походит на крист. **118**, но имеет маленькие блестящие грани **p**. Одна из граней куба не проты-

кается другим кристаллом, и нужно подчеркнуть, что именно вершинки и ребра этой грани особенно сильно размыты.

В этом кристалле чрезвычайно отчетливо выражены две особенности, которые могут объяснить то, что осталось неясным в крист. **118**, а именно строение экваториальной гряды и форму ямок травления на грани куба.

Часть экваториальной гряды изображена на фиг. 239 и 240, причем на последней показана одна сторона ее во всю длину, а на фиг. 239 — середина гряды с обеих сторон. В стереографической картине световых рефлексов всего кристалла (фиг. 250) гряде соответствуют точки **p** с их характерным треугольником и резкие полосы [**D**]. На фиг. 239 и 240 видно, что длинная узкая грань гряды сложена треугольными пластинками с резко выраженными ребрами роста в зоне [**pdp**], причем эти пластинки наложены друг на друга в виде чешуй таким образом, что средние лежат поверх остальных. Отдельные пластинки имеют среднюю часть, занимающую в точности положение **p**, и две боковые грани π, наклон и характер которых определяется рефлексом π (рис. 156).

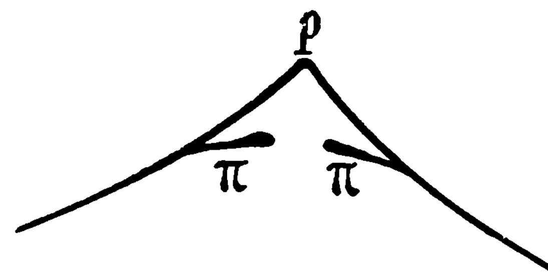


Рис. 156.

В картине световых рефлексов видно, что $\pi\pi$ отклоняется от **p** в направлении от полюса к экватору, т. е. перпендикулярно к гряде, но одновременно и вкось.

Эти явления можно пояснить, допустив следующее истолкование: мы видели в крист. **118**, что гряда образуется путем осаждения материала из меридиональных потоков, стекающих с обоих полюсов.

Нужно допустить, что растворяющие потоки стекали бы с граней $\mathbf{c}^1$ и $\mathbf{c}^2$ (рис. 157) перпендикулярно к ребрам **cdc**, если бы они не задерживались меридиональными потоками **MM**. Подобная задержка приводит к прекращению движения, направленного наружу, и к захвату потока внутрь,

в отклоненном направлении. Это течение может вызывать отклонения рефлекса **p** и образование гранок π (ср. накладную фиг. 256).

В соответствии со столкновением потоков, стекающих с двух полюсов **p** (рис. 157), образуется пограничная линия, пересекающая экваториальную гряду с изгибом, характерным для таких линий (фиг. 239).

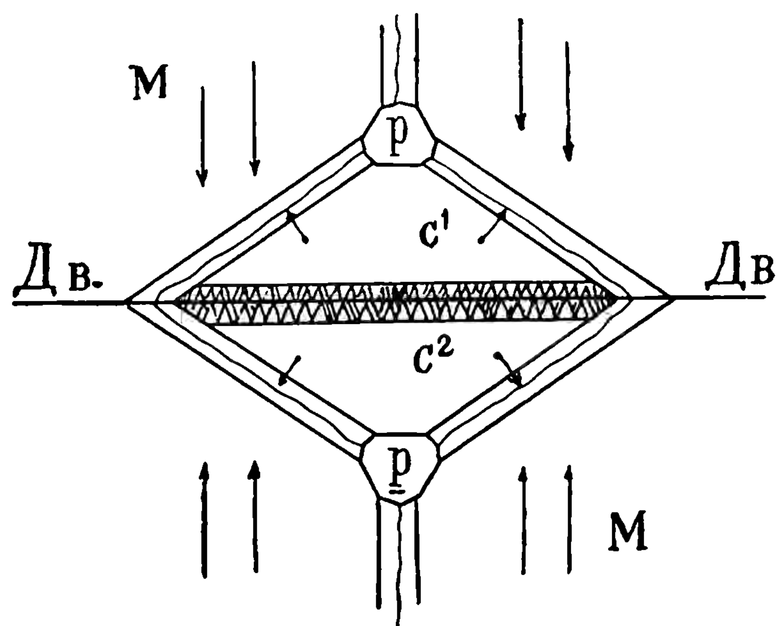


Рис. 157.

Неразрешенными остаются следующие вопросы:

1) почему поверхность гряды покрывается чешуйками, а не развивается в виде однородной плоской грани?

2) Отчего наложение пластинок происходит предпочтительно в середине?

Примечание к п. 1. Наличие чешуй показывает одновременное образование их в разных местах гряды, но не повсеместно. Это может быть связано с желобками стока на додекаэдрических ребрах соседних граней куба. Предпочтительное отложение на середине также может быть обусловлено тем, что запруженный поток стремится к середине не только сверху и снизу, но и с обеих сторон. Это устремление потоков иллюстрируется рис. 157.

Примечание к п. 2. Вторым интересующим нас вопросом является развитие ямок травления на гранях **c**. На крист. **118** эти ямки ограничены ступенчатыми пластинками роста в зоне **pcp**, так же как и в простых кристаллах. Этим образованиям в меридиональных надпилах соответствуют рефлексы с своеобразно изогнутыми полосами (**F**). В ямках травления мы не находим соответствующих поверхностных явлений. На крист. **119** мы видим ямки с образованиями, которые могут служить объяснением полос (**F**). На фиг. 258 изображена ямка травления этого рода, лишь незначительно схе-

матизированная. Здесь показана (темная) очень блестящая грань, которая распространяется от угла ямки к ее середине. Такие ямки видны во многих местах поверхности, но только в меридиональных надпилах (фиг. 254). Они отражают совместно, и в картине световых рефлексов им соответствуют полосы (**F**). На фиг. 254 изображено схематически несколько таких ямок.

Следует указать, что подобные ямки, как на крист. **118**, находящиеся в меридиональных надпилах, часто вытянуты вертикально, что не имеет места в экваториальных надпилах. Там они квадратные.

Кристалл 120. Табл. 37, фиг. 252; табл. 38, фиг. 257 (с накладной фигурой).

Коллекция Г. Зелигмана (№ 34). Бразилия. Вес 110 мг. Бесцветный, чистый, прозрачный, со слабым красноватым оттенком.

Двойник, образованный прорастанием двух гексаэдров, наподобие крист. **118** и **119**.

Мы ограничимся описанием некоторых особенностей этого кристалла, отличающих его от ранее разобранных.

1. Если сравнить стереографическую проекцию картины световых рефлексов на фиг. 252, полученную от крист. **120**, с картиной рефлексов крист. **118** (фиг. 241), то можно заметить существенную разницу в форме линий (**D**), соответствующих граням (**d**) с перегибом. У крист. **120** полосы (**D**) проходят от **p** до **p**, между тем как для крист. **118** видны только средние части этих полос (ср. со схематической картиной световых рефлексов на фиг. 249). Указанному явлению отвечает следующее характерное различие на поверхности. В крист. **118** ребро образует почти прямую линию между двумя вершинками. Если бы она была совершенно прямой, то получилось бы цилиндрическое искривление, и соответственно световая полоса была бы прямой и перпендикулярной к ребру. Длина полосы служит масштабом искривления. Концы ее определяют максимальный изгиб в обе стороны.

Если же ребро не прямолинейно и соответственно участки граней по обе стороны его образуют выпуклости (как на крист. **118** и **120**), т. е. они не только перпендикулярны к ребру, но одновременно изогнуты в его направлении, то каждая полоса расширяется в обе стороны. Чем сильнее искривление в направлении ребра, тем длиннее двусторонний рефлекс.

В том случае, когда это искривление повторяется волнообразно вдоль по ребру, каждая волна дает одинаковый световой эффект в картине рефлексов. Если несколько участков отражают одновременно, то яркость света суммируется, не изменяя общего характера картины рефлексов. Этот случай мы видим в полосе (**D**) крист. **118** (фиг. 241).

В каждой волне возможно неодинаковое искривление ее в разных частях. Обычно изгиб в направлении **c** сильнее всего в середине волн, а на концах он уменьшается. В связи с этим рефлекс шире всего в середине (около **d**) и сужается на концах (около **p**). Нередко световая полоса сужается (в одном или в обоих направлениях) до тонкой световой линии возле **p**. Такой случай мы видим в полосе (**D**) крист. **120** (фиг. 252). Здесь полоса (**D**) доходит, усиливаясь в обе стороны, до положения октаэдрических точек **p**. В крист. **118**, наоборот, она образует только широкое поле или пару полей (**CE**) соответственно возле **d**, в значительном отдалении от **p**.

2. Второе генетически важное различие между крист. **118** и **119**, с одной стороны, и крист. **120** — с другой заключается в следующем. На крист. **118** и **119** в экваториальном надпиле наблюдается гряда роста, а в крист. **120** — желобок на границе обоих индивидов.

Причиной является, возможно, тот факт, что образование крист. **118** симметричное между двумя полюсами, а образование крист. **120** — одностороннее. В крист. **120** нижние грани куба „красного“ кристалла (фиг. 257) не протыкаются вершинками „синего“ кристалла. В крист. **118** (фиг. 247), на-

оборот, это протыкание взаимно и величина граней в обоих индивидах приблизительно одинаковая. Следствием является, что в крист. **118** каждый меридиональный поток сталкивается со встречным потоком, который его задерживает, тогда как в крист. **120** меридиональные потоки свободно стекают с верхнего полюса через ребра **pbp** „красного" индивида.

В экваториальном надпиле отсутствует препятствие, вызывающее задержку меридионального потока. Здесь можно допустить скорее боковой сток из экваториального надпила, объединяющийся с односторонним меридиональным потоком.

Задержка в экваториальном надпиле могла привести к образованию гряды роста в крист. **118**, **119**, **120**, а в крист. **120** — также и к регенерации, поскольку вследствие задержки в этом месте поток *pa* превратился в поток *po*.

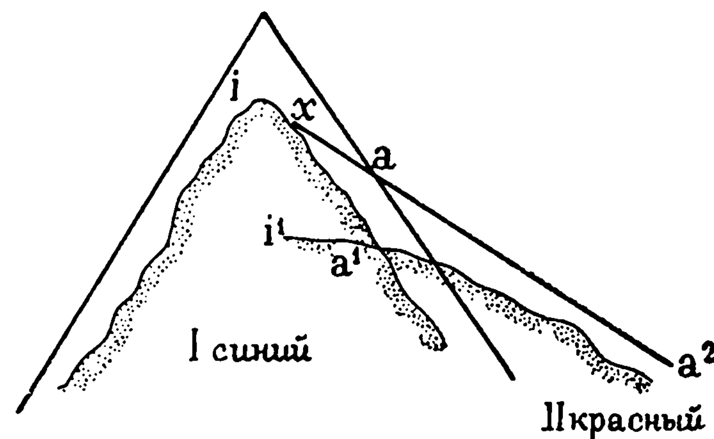


Рис. 158.

Если задержка отсутствует, то совместный сток двух потоков по одному желобку между двумя индивидами приводит, как правило, к углублению надпила и во входящей вершинке образуется пограничный желобок. Нам приходилось наблюдать это явление, например, в флюорите из Эльтшенальп.[1]

3. Третьей особенностью крист. **120** является характер прорастания.

Нижний („красный") кристалл входит в верхний („синий") в некоторой точке a^1 (рис. 158 и накладная фиг. 257). Его верхняя вершинка скрывается внутри „синего" индивида. „Красный" кристалл укорочен на эту скрытую вершинку. Верхняя вершинка a^1 этого кристалла притуплена по сравнению с боковыми октаэдрическими вершинками (a^2, a^3) и по

[1] Сходство подобных явлений в алмазе и флюорите выражено очень сильно; мы рассмотрим его подробнее после того, как выясним главнейшие вопросы, касающиеся алмаза.

сравнению с верхней вершинкой „синего“ кристалла. Это явление бросается в глаза само по себе, и оно выступает еще резче, если рассматривать его, как описано далее.

Двойник подвергался сильному растворению, которое захватило не только грани, но и ребра и вершинки. Последние были притуплены, а ребра изогнулись; так, например, a^1, a^2 выше в середине, между a^1 и a^2. Можно допустить, что в свое время (до начала растворения) ребро было прямолинейным, потому что образование кристалла закончилось стадией роста. Поскольку оно изогнулось при растворении, это означает, что размыты были преимущественно вершинки.

В процессе растворения точка a^1, в которой „красный“ кристалл входит в „синий“, опустилась из более высокого положения a в более низкое a^1 (рис. 158). Вопрос заключается в том, каким образом продолжалось внедрение „красного“ крист. *II* в „синий“ крист. *I*.

Здесь мы сталкиваемся с самой сущностью вопроса о поведении двойников прорастания, и наш случай может способствовать разъяснению существа этого процесса.

На рис. 158 приведено схематическое изображение крист. *I* и *II*, причем жирными линиями обозначена их форма до растворения, а тонкими линиями — после растворения. До растворения точка протыкания находилась в a, а после растворения — в a^1. Таким образом, место протыкания опустилось из a в a^1.

Мы склонны допустить a priori, что крист. *II* продолжался в крист. *I*, иначе говоря, что часть крист. *I*, находящаяся ниже a, относилась до растворения к крист. *II*. Однако после растворения мы видим, что участок поверхности a^1 бесспорно принадлежит к крист. *I*.

Здесь получается противоречие. Участок между двумя пограничными линиями xii^1a^1 относился сначала к крист. *II*, а потом к крист. *I*, и в то же время в этой области не было никакого перемещения во время растворения; по крайней мере, ничто не указывает на такое перемещение.

Такое положение наблюдается в обоих случаях: при прорастании крист. *I* крист. *II* и при прорастании крист. *II* крист. *I*.

Чтобы объяснить это явление, нам остается только допустить, что в общей области части кристалла не принадлежат исключительно одному только индивиду, а что здесь имеет место образование сложных двойников[1] самых разнообразных размеров, вплоть до самых тонких.

В настоящее время имеется еще очень мало исследований таких сложных прорастаний. Они встречаются в кварце, арагоните и других минералах. Но этот вопрос требует тщательного изучения. Для алмаза (так же как и для сходного с ним во многих отношениях флюорита) это затрудняется тем, что обычные оптические методы оказываются здесь недействительными.

По сравнению с крист. **118** и **119**, крист. **120** находится в более поздней стадии растворения. Об этом свидетельствуют сильно размытые ребра куба, глубоко высверленные ямки травления на гранях **c** и глубокие желобки на границе двойников. Картина световых рефлексов (фиг. 252) с ее широкими полосами (**D**) и размытыми полосами (**A**) и [**B**] также характерна для поздней стадии растворения.

Кристалл 121. Табл. 37, фиг. 253 (с накладной фигурой); табл. 38, фиг. 259 (с накладной фигурой); табл. 39, фиг. 261.

Коллекция Г. Зелигмана (№ 1). Рио (Бразилия). Вес 35 мг. Чистой воды, прозрачный.

Это оригинал того кристалла, который изображен Розе—Задебеком на рисунках, воспроизводимых нами (рис. 159 и 160). Грот также описал этот кристалл (Strassb. Samml., 1878, 7). Розе и Задебек считали этот кристалл кубическим

[1] V. Goldschmidt. Über Composite. Zeitschr. Krist., 1907, **43**, 347.

двойником, что вполне правильно, по нашему мнению. Общие формы и отдельные детали становятся понятными при сравнении с крист. **118**.

Вследствие растворения округлые додекаэдрические грани расширились возле ребер куба, а грани **c**, которые сократились до маленьких участков в глубине меридиональных желобков, покрыты характерными ямками травления с штриховкой в зоне **cp**.

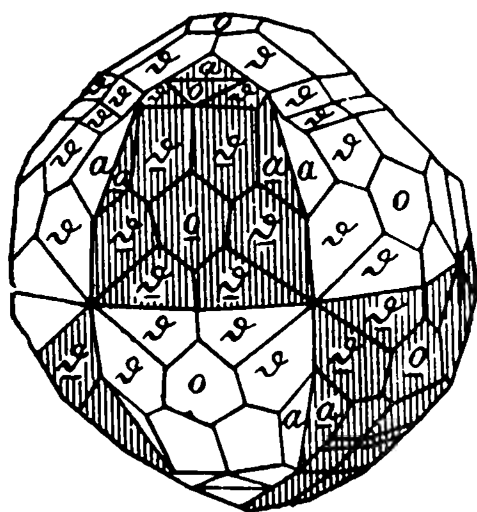


Рис. 159.

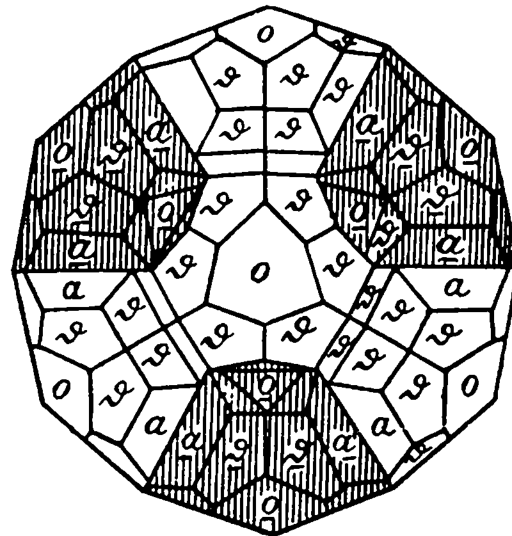


Рис. 160.

Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 3, Fig. 27, 28.

Меридиональные потоки, стекающие с верхнего и нижнего полюсов, углубили меридиональные надпилы и смыли разделявшие их выпуклости (на общей грани **d**), так что на месте их образовалось углубление. Здесь наблюдается новообразование (обусловленное задержкой обоих потоков), имеющее октаэдрические грани с прямолинейной штриховкой и резким рефлексом в зоне **pdp**. Последняя изображена по возможности близко к натуре на фиг. 253, при значительном увеличении. На накладном листе к фиг. 259 место ее обозначено ××.

Экваториальные надпилы заросли вследствие регенерации, возможно в результате процесса, подобного тому, который вызвал рост экваториальной гряды в крист. **118** и **120**.

На нашем рис. 161 показан в схематическом вертикальном разрезе переход от резко выраженного кубического двой-

ника (*1*) через экваториальную гряду (*2*) (фиг. 251) к разрезу крист. **121** (*3*). В последнем обе вершинки куба регенерировали, образуя одну общую вершинку в виде выпуклого утолщения.

Тот же процесс привел к размыву областей, окружавших октаэдрические вершинки куба на обоих полюсах, и к развитию областей, близких к экватору. В одном месте (слева впереди на фиг. 259) наросла маленькая плоская октаэдрическая грань, окруженная пластинками с острыми краями.

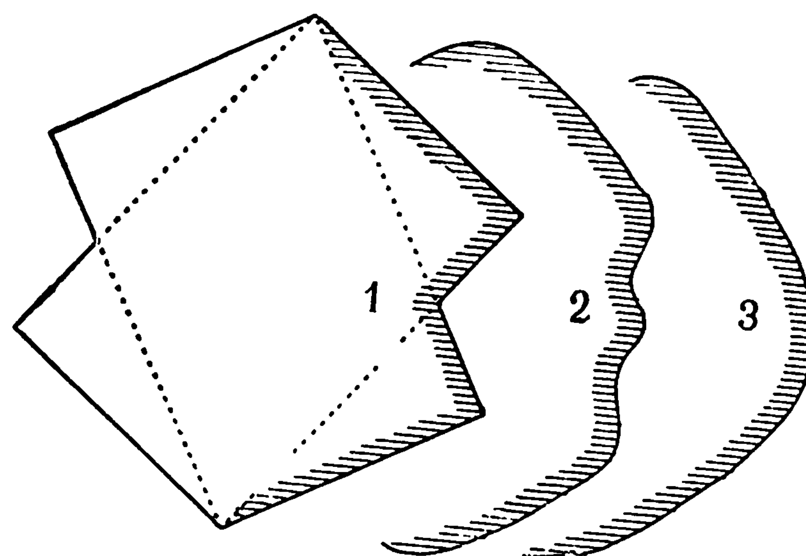


Рис. 161.

В результате выклинивания кубических граней поток **c** потерял свое значение и возросло значение зональных потоков **pc** и потоков **p**, стекающих с полюсов. Так же, как и в крист. **71** (табл. 23, фиг. 159), обе вершинки полюсов представляют характерную картину воздействия растворяющего потока **p**, при которой все ребра сходятся в одной точке. В соответствующих вершинках вблизи экватора дело обстоит иначе. Кроме того, возросла роль потоков, стекающих с ребер на гранях зоны **pdp**.

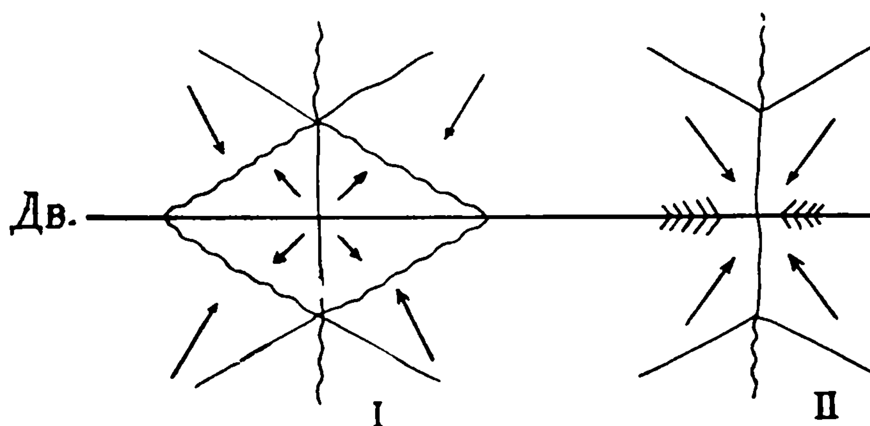


Рис. 162.

На схематическом рис. 162, *I* и *II* показан своеобразный ход гряды, ребер **d** и пограничных линий на месте прежних экваториальных надпилов. На обоих изображениях плоскость двойникования (*Дв.*) горизонтальна и перпендикулярна к плоскости рисунка.

На рис. 162, *I* показан ненарушенный ход ребер (прямолинейные) и пограничных линий (волнистые). На рис. 162, *II*, в противоположность первому, эти гряды изображены так, как они наблюдаются в большинстве мест на крист. **121**. Пограничные линии, идущие к плоскости двойникования, здесь отсутствуют. Этот факт имеет важное генетическое значение. Потому что, когда сталкиваются два потока разной силы, то более сильный поток оттесняет более слабый, а вместе с ним и пограничную линию, которая в конце концов исчезает (ср. рис. 6, стр. 82). Здесь мы видим именно этот случай: нужно допустить, что более сильный поток, стекавший с полюса, оттеснил более слабый поток, стекавший с экватора (двойниковая граница). Аналогичный случай мы видели при описании крист. **44**. Крист. **121** интересен еще и в другом отношении. В середине округлых граней **d** наблюдаются по два или по три глубоко врезанных поперечных желобка, перпендикулярных к ребрам, расположение которых не вполне правильно, но всё же довольно постоянно.

Желобки указывают главные пути стока. Широкий поток, переливавшийся по обе стороны через (**d**) между **c** и **c**, разделился на три или четыре отдельных потока под действием боковых препятствий. Такое разделение подтверждается наличием двух (или трех) желобков на нашем кристалле.

Правильное расположение желобков в определенных местах указывает на закономерность деления потока по ширине, так же как в стоячих волнах, и мы не должны удивляться тому, что расположение наших желобков предопределяется законом компликации и гармоническими рядами $0 1 \infty$, $0 \frac{1}{2} \infty$. Эта предпосылка требует доказательств; в пользу нее свидетельствуют поверхностные образования.

При сравнении крист. **118**, **120** и **121** мы видим в крист. **118** и **120** по обе стороны ребер, смежных с гранями **c**, разделенные пограничной линией округлые грани (**d**) с поперечными желобками. В противоположность этим красталлам,

во всю длину крист. **121**, между гранями **d** и **c**, протягивается еще вторая округлая грань, которую мы назовем (**d**[1]). Между (**d**) и (**d**[1]) проходит резкая, хотя и не очень выпуклая, пограничная линия. Обе краевые узкие гранки (**d**) и (**d**[1]) одинаково гладкие; они пересекаются вкось вышеуказанными тремя или четырьмя резко выраженными желобками, перпендикулярными к ребру **pdp**, причем эти желобки переходят из (**d**) в область (**d**[1]). Образование двух таких краевых узких гранок (**d**, **d**[1]) с поперечными желобками мы наблюдали уже в крист. **70**.

При сравнении крист. **120** с крист. **121** мы видим в крист. **120** на месте резко выраженных желобков крист. **121** округлые волнистые „долины". Только путем дальнейшего углубления при растворении эти волнистые долины могут превратиться в желобки с острыми краями. Это пути стока растворяющих потоков, высверливших ямки на **c** и переливавшихся через ребра **pdp**.

На крист. **118** число таких волнистых „долин" больше и они не такие глубокие; это отвечает прямолинейному ходу ребра, более узкому исходному додекаэдру и, вероятно, более слабому действию растворителя.

Если гранка [**d**] широкая в исходном теле, то потоки, стекающие перпендикулярно к ребру **pdp**, могут объединиться в несколько более широких потоков. Это невозможно при коротком пути через узкую грань.

Попытаемся еще объяснить, почему желобки на (**d**[1]) образуют продолжения желобков на (**d**). Это можно, вероятно, объяснить следующим образом.

Желобки (**d**) являются первоначальными. Они определяют путь мелких потоков, вытекающих из ямок на **c**. Когда поток вступает на этот путь, то русло его всё углубляется, не изменяя своего направления.

При расширении (**d**) его желобки распространяются к середине **c**, причем в этом направлении появляются всегда позднее и здесь становятся всё тоньше, как ручьи в направлении истоков.

Таким образом, мы видим в крист. **121** позднюю стадию растворения. С этим согласуется и картина световых рефлексов (фиг. 261), которая становится понятной при сравнении ее с картинами рефлексов крист. **118** и **120**. Для сравнения можно указать еще на схематическую картину световых рефлексов, фиг. 249. На фиг. 261 мы видим только полосы растворения и поля растворения; рефлексы образований роста наблюдаются только в ярких точках **p** с короткими отрезками [**D**], которые соответствуют граням **p** и образованиям роста возле экватора.

Крист. **118, 120** и **121** образуют интересный генетический ряд.

Кристалл 122. Табл. 38, фиг. 260 (с накладной фигурой); табл. 40, фиг. 265 (с накладной фигурой).

Институт минералогии и петрографии Венского университета. Бразилия (?). Вес 25 мг. Несколько мутный, просвечивающий.

Истолковать этот маленький кристаллик не так-то легко. Он изображен по возможности точно на фиг. 260.

Интересны его генетические соотношения с крист. **118** и **121**; он становится понятным при сравнении с этими кристаллами. Пониманию способствует также накладная фиг. 260, на которой выделены оба индивида („синий“ и „красный“) и даны обозначения отдельных полей.

Остатки граней **c** с их пластинчатыми ямками травления и меридиональный надпил между $\mathbf{c}^1$ и $\mathbf{c}^2$ устанавливаются без труда. На полюсах наблюдаются большие поля (**d**), разделенные пограничной линией (ребром куба); это поля ($\mathbf{d}^1$) и ($\mathbf{d}^2$). Возле точки $\mathbf{p}^1$ шесть граней (**d**) (грани $\mathbf{d}^1$, $\mathbf{d}^2$, $\mathbf{d}^3$, $\mathbf{d}^4$, $\mathbf{d}^5$, $\mathbf{d}^6$) разделены обычными тремя ребрами и тремя пограничными линиями. Полюса $\mathbf{p}\underline{\mathbf{p}}$ и вершинки $\mathbf{p}^1$ могут быть охарактеризованы как в е р ш и н к и р а з ъ е д а н и я, поскольку гребни сходятся здесь в о д н о й т о ч к е. Грань $\mathbf{p}^1$ находится не там, где все шесть ребер **d** сходятся в одной точке,

а ниже, в некотором месте, обозначенном на накладной фиг. 260 как **p**^{1}, причем она входящая и уходит под точку схождения ребер **d**.

На больших гранях (**d**) замечаются слабо выраженные остатки бугорков травления. Всё это понятно по описанию предыдущих кристаллов, и всё это не ново, хотя масштаб здесь несколько иной.

Новыми в этом кристалле являются некоторые образования в экваториальном надпиле, а именно октаэдрические гранки **p**^{1}, **p**^{2}, **p**^{3} и **p**^{4}, образовавшиеся путем роста, которые соответствуют экваториальным гребням крист. **118** и **119**. Кроме того, весьма своеобразны боковые гранки **f**^{1}, **f**^{4}, **f**^{5} и **f**^{6} (или соответственно **f**^{3}, **f**^{2}, **f**^{10}, **f**^{11}), каждые две пары которых проходят, вместе с четырьмя гранями **c**^{1}, **c**^{2}... меридионального надпила, к экваториальным углам на месте общих граней **d**. В этих углах **d** мы находим пластинки роста на гранках **f**.

Попробуем истолковать это образование.

От полюсов к экватору направляются растворяющие потоки, стекающие в меридиональные надпилы через входящий угол между двумя гранями **c**. На суженных гранях **c** наблюдаются углубления, образованные высверливанием, с исштрихованными ямками растворения. Сюда относятся потоки **c**, т. е. растворяющие потоки, перпендикулярные к **c**, которые были отклонены и захвачены меридиональными потоками, стекающими к экватору в точке **d**. Наконец, мы видим еще растворяющие потоки, исходящие из экваториальных углов **p**. На накладной фиг. 260 эти потоки указаны стрелками, которые направлены на общую для обоих индивидов точку **d**, расположенную на экваторе.

Интенсивное растворение привело к вытеснению граней **c**, заострению углов **p**, расширению граней (**d**) вокруг полюса и удлинению и заострению ребер на полюсе.

Сужение граней **c** вызвало ослабление потоков **c**, между тем как усилилась роль потоков **p** и потоков, стекающих

в зональной плоскости **pdp** перпендикулярно к ребру, в направлении **c**.

Нас интересуют в основном процессы в экваториальных надпилах, вокруг экваториальных точек **d** и истолкование характера гранки **f**.

Остановимся на экваториальном надпиле слева впереди. Здесь встретились потоки из $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^2$. Задержка этих потоков вызвала рост гранок $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^2$, соответствующих экваториальному гребню крист. **118**.

Таким образом возникает боковой сток в направлении **d** (справа и слева). Образование его обусловлено слабостью меридиональных потоков **c**, вызванной в свою очередь сужением граней **c**. Этой слабостью объясняется также рост в области экваториальной грани **d**. В крист. **118** более сильные меридиональные потоки оттеснили боковые стоки к экваториальным желобкам и закруглили вершинки **d** (фиг. 247). В крист. **121** они совершенно сгладили вершинки **d**, но размыли зато углубления на удлинении меридиональных надпилов (фиг. 259). Качественно процесс здесь тот же, как и в крист. **122**, но количественные различия привели к большому разнообразию форм.

Потоки $\mathbf{f}^1$, $\mathbf{f}^4$, $\mathbf{f}^5$, $\mathbf{f}^6$, вытекающие из экваториального желобка сбоку в точках $\mathbf{p}^1\mathbf{p}^2$, вызвали образование гранок **f**. В связи с задержкой этих потоков при столкновении с меридиональными потоками $\mathbf{c}^1\mathbf{c}^2$ они нейтрализовались, а затем они стали созидающими и совместно с $\mathbf{c}^1\mathbf{c}^2$ способствовали образованию восьмигранной пирамиды с штриховкой роста в **d**.

Вышеизложенным поясняется характер этого интересного кристаллика.

В стереографической проекции световых рефлексов на фиг. 265 мы видим, что все световые полосы и точки, обычные для двойников этого рода (и отчетливо выраженные для крист. **118—121**), здесь расплывчаты вследствие интенсивного растворения и размыва поверхности.

Точки **p**, отвечающие участкам роста на гранях, — яркие, причем они делятся на две или три удлиненные точки. Резко выраженные полосы **[D]** соответствуют штриховке роста в области экватора.

Буквенные обозначения на фиг. 265 и расцветка накладного листа в сочетании с рисунками крист. **118—121** полностью объясняют картину проекции данного кристалла.

Циклические сложные двойники по шпинелевому закону

Крист. **123** и **124**. Ср. крист. **88**

Такие двойники представляют собою большую редкость. Нам известны только два сростка, которые можно причислить к этой категории. Однако встречаются образования, состоящие из многих индивидов, как, например, шарики борта, которые можно, по всей вероятности, отнести сюда же (крист. **88**); но это еще не доказано.

Оба кристалла представляют собою шестерники. В крист. **123** все шесть индивидов образуют циклический ряд, благодаря чему этот сросток правильный и легко поддается истолкованию. В крист. **124** только четыре индивида имеют циклическое расположение.

Кроме того, крист. **123** является образованием роста, а крист. **124** — тело, испытавшее интенсивное растворение.

Картины световых рефлексов представляют собою стереографические проекции на грань **d**, общую для циклических индивидов.

Кристалл 123. Табл. 39, фиг. 262, 264; табл. 40, фиг. 266, 267 (обе с накладными фигурами).

Коллекция Г. Зелигмана (53). Бразилия. Вес 15 мг. Прозрачный, с желтоватым оттенком.

Своеобразный циклический шестерник. Сходный с этим кристалл из Бразилии (наш рис. 163) был описан Сарториусом

Вальтерсгаузеном. Впоследствии Задебек изобразил его по модели Сарториуса. Грот (Strassb. Samml., 1878, 5) также разбирал строение этого кристалла.

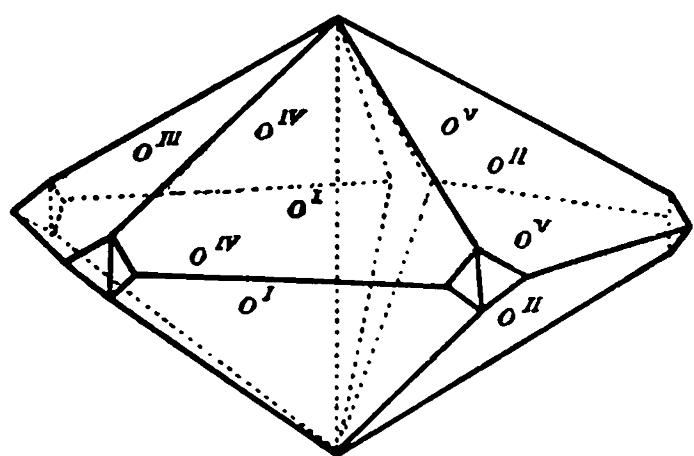


Рис. 163.
Rose—Sadebeck, Abh. Ak. Berlin, 1876, Taf. 2, Fig. 21.

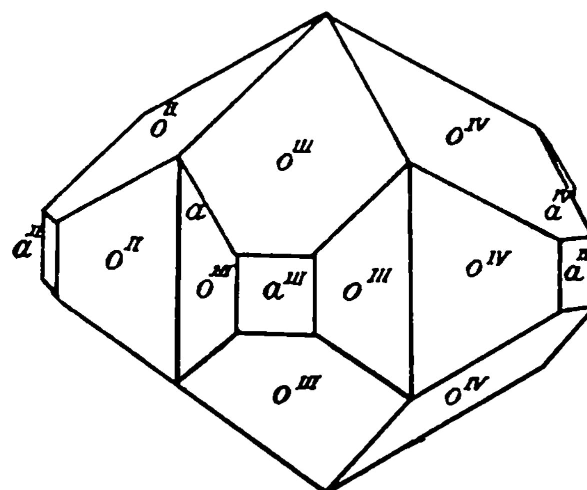


Рис. 164.
Rose, Pogg. Ann., 1831, 23, 196.

Подобные циклические сложные сростки встречаются и в других видах кристаллов. Мы видели аналогичный сросток цинковой обманки у Г. Зелигмана в Кобленце; Г. Розе описал и зарисовал такой сложный двойниковый сросток золота из Верёшпатака (наш рис. 164), а Штрювер — аналогичное образование шпинели (наш рис. 165).

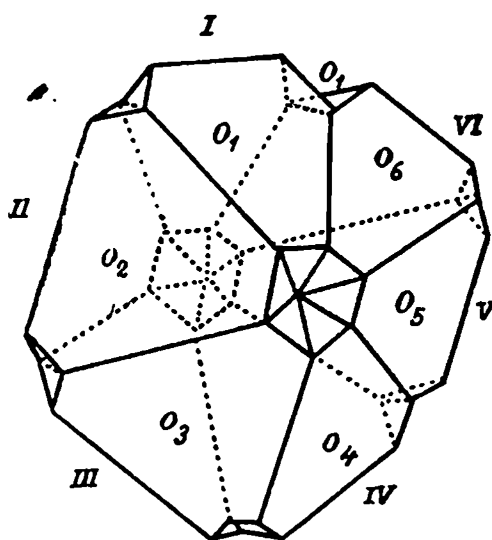


Рис. 165 (шпинель).
J. Strüver, Att. Ac. Line, 1877 (3), tab. 2, fig. 2.

На накладных листах к проекции на фиг. 267 и к изображению головки кристалла на фиг. 266, шесть индивидов отличаются по цвету (красный, желтый, бурый, зеленый, синий и фиолетовый). В стереографических проекциях мы пользовались теми же цветами для тех же индивидов (фиг. 262 и 264).

При измерении, так же как и при зарисовках, кристалл устанавливался таким образом, чтобы общая для всех шести индивидов грань **d** была нормальной к полюсу. При таком положении все шесть индивидов стоят вертикально. Такая установка дает более ясную картину.

Все двойниковые плоскости пересекаются в одной оси, перпендикулярной к грани **d**, нормальной к полюсу и общей

для всех шести индивидов. Угол поворота составляет 70°32′. При повторном вращении вокруг той же оси получается шестерник.

Пять кристаллов, образующих такой циклический сросток, заполняют пространство, оставляя только щель в 7°20′ (360° — 5 × 70°32′) между „синим" и „красным" индивидами. Эта щель выполнена „фиолетовым" кристаллом. Он занимает двойниковое положение по отношению к „синему" кристаллу и охватывает наподобие футляра „красный" кристалл. Такое положение было описано для корунда и кварца.[1]

Каждый индивид имеет форму тетраэдра, две большие грани которого являются плоскостями срастания, между тем как две другие грани образуют верхнюю и нижнюю звезды вместе с соответствующими гранями других индивидов. На фиг. 267 стоящие вертикально грани другого тетраэдра, вытесняемые тонкими пластинками (или штриховкой) в зоне **pdp**, образуют маленькие зеркально блестящие участки.

Каждые две такие вертикальные грани встречаются в общей точке **d**, лежащей в экваториальной плоскости.

Все грани и штриховки представляют собою образования роста.

Стереографическая картина световых рефлексов (фиг. 264) становится понятной при рассмотрении отдельно каждой пары, например „синего" и „зеленого" кристаллов (фиг. 262); то же самое повторяется для каждой такой пары кристаллов. Картина световых рефлексов состоит из полос роста [**D**]. Только в экваториальной зоне наблюдаются бледные полосы [**B**], обусловленные отступанием пластинок в этой зоне.

На фиг. 262 зеленые точки обозначены индексом *2*, а синие — индексом *4*. В качестве перекрывающихся зон выделяются: экваториальная зона и зона [$\mathbf{p}'_2\mathbf{p}_2\mathbf{p}_4\mathbf{p}'_4$] и вторичная зона [$\mathbf{q}_2\mathbf{q}_4$, $\mathbf{d}_2\mathbf{d}_4$, $\mathbf{q}'_2\mathbf{q}'_4$].

---

[1] Nies u. Goldschmidt, N. Jahrb. Miner., 1908, **2**, 110. — V. Goldschmidt, Zeitschr. Krist., 1908, **44**, 407; 1910, **47**, 639.

Октаэдрическая грань „синего“ индивида пересекается резким, глубоким и прямолинейным надпилом (трещиной). Подобное явление, несомненно обусловленное ростом, мы видели уже в крист. **103**.

Образование этого сложного сростка можно представить себе таким образом, что сначала объединились две пары кристаллов („зеленый“ и „синий“, „бурый“ и „желтый“) с общей экваториальной зоной.[1] К ним присоединились более молодые образования — „красное“ и „фиолетовое“, и таким образом круг был замкнут.

Кристалл 124. Табл. 39, фиг. 263; табл. 40, фиг. 268, 269 (обе с накладными фигурами).

Коллекция А. Ферсмана. Южная Африка. Вес 100 мг. Чистый, прозрачный, с желтоватым оттенком.

Двойник, во многом сходный с крист. **123**, так что сказанное для этого кристалла может служить пояснением для крист. **124**. На фиг. 268 изображена головка этого кристалла, а на фиг. 269 дана его проекция, изображенная по возможности точно. На накладных листах отдельные индивиды различаются по цвету, причем теми же цветами мы пользовались в стереографической проекции (фиг. 263). Четыре индивида, имеющих вид сильно округлых додекаэдров (**d**), образуют циклический сросток такого же типа, как крист. **123**, причем „красный“ и „желтый“, „желтый“ и „бурый“, „бурый“ и „зеленый“ индивиды находятся в двойниковом положении по отношению друг к другу. „Зеленый“ индивид очень большой; все четыре индивида выполняют совместно пространство в 360° вокруг общей оси **d**.

Помимо этих, видны еще две двойниковые части в другой ориентировке (на рисунках — „синий“ и „фиолетовый“).

[1] Относительно образования полисинтетических двойников путем объединения пар (кристаллов) см.: V. Goldschmidt, N. Jahrb. Miner., 1902, Beil. Bd. **15**. 573.

„Синий“ кристалл находится в двойниковом положении по отношению к „зеленому“, причем плоскость двойникования соответствует грани **p**, обозначенной × на накладной фиг. 268.

Плоскость двойникования, связывающая „фиолетовый“ и „красный“ кристаллы, обозначена на том же листе ××.

При более внимательном рассмотрении можно заметить на поверхности четырех больших индивидов бесчисленное количество пластинок полисинтетических двойников, по большей части параллельных плоскости срастания, так что, например, пластинки „желтого“ индивида имеют ориентировку параллельно одной из граней „бурого“ индивида. Эти пластинки были выявлены травлением.

В качестве генетически важного явления можно отметить, что на границе двойников наблюдаются почти повсеместно штрихи от пластинок роста, образующие ряды или перекрывающие границу двойникования. Им соответствуют полосы роста [**D**]. Подобные пластинки мы видели уже в крист. **114** и **115**.

Эти пластинки образуют красивый узор на меридианах и на месте общих граней **d**, что можно видеть на фиг. 268 и 269.

Округлые грани **d** покрыты сетчатым расунком бугорков травления, штриховки и двойниковых пластинок. Бугорки травления образуют тонкую штриховку по длинной диагонали. Пограничная линия отсутствует повсюду, кроме одной грани „зеленого“ индивида.

Стереографическая картина световых рефлексов (фиг. 263) становится понятной при сравнении с картиной крист. **123**. Она спроектирована на грань **d**, общую для четырех главных индивидов. Мы видим здесь, что „красному“, „желтому“, „бурому“ и „зеленому“ индивидам соответствуют полосы (**D**), изогнутые в две стороны, и расположенные между ними резкие прямолинейные полосы [**D**]. Первые отвечают граням **d** с бугорками травления, а последние — образованиям роста на двойниковой границе. В общей точке **d** (полюсе) пере-

секаются полосы роста **[D]**. „Фиолетовому“ и „синему“ индивидам отвечают своеобразные полосы, неоднократно наблюдавшиеся нами в двойниках, которые мы назвали полосами **(F)**. Эти полосы являются переходными от **[B]** к **(D)**. (Ср. с соображениями по поводу крист. **118** и **119**). Только они здесь бледные и короткие. Максимальная яркость этих полос находится вблизи точек **p**, оба их конца отвечают штриховке в зонах **pc** и **pd**. (Ср. с картиной световых рефлексов крист. **26:** табл. 10, фиг. 68). Этот кристалл представляет собою образование растворения, в котором растворяющие потоки переходят в потоки роста на двойниковой границе, что мы неоднократно имели случай наблюдать.

Исходным телом нужно считать циклический сложный сросток типа крист. **123**.

ОПЫТЫ ТРАВЛЕНИЯ АЛМАЗОВ

Табл. 41—43

Здесь мы дадим краткую сводку результатов, полученных нами при опытах по растворению алмаза. Эти эксперименты имели целью проверить, действительно ли травление и растворение вызывают те явления на поверхности и в картине световых рефлексов алмаза, которые мы понимаем как явления растворения в природных кристаллах. Таким способом мы рассчитывали получить доказательства правильности нашего генетического истолкования. И мы действительно получили их. Кроме того, эти опыты подтвердили гемиэдрию алмаза.

Наши эксперименты не закончены, и они могут дать еще немало важных результатов.

Испытание алмазов производилось в глиняном, никелевом или платиновом тигле, в так называемой реслеровой газовой печи с двойными стенками. Спайные осколки и октаэдрические кристаллики подвергались длительному воздействию калиевой селитры или соды при температуре около 900° С. При такой температуре эти реагенты оказывают довольно сильное действие на алмаз.

Химический процесс, при обоих реагентах, выражается в окислении углерода. Расплав является окисляющей средою, и в то же время, будучи жидким, он не препятствует движению растворяющих потоков. При длительной плавке селитра превращается в едкий калий, а сода соответственно в едкий натр.

Подвергавшиеся растворению октаэдрические кристаллы происходили из самых чистых алмазов рудника Ягерсфонтейн. Несмотря на высокую стоимость, мы пользовались только самым чистым материалом. Благодаря этому удалось избавиться от мешающего влияния включений, трещинок и пустоток (обусловливающих мутность) на форму образований растворения.

Использованные нами для опытов спайные осколки также относились к самому чистому материалу. Мы выбирали предпочтительно треугольные осколки, подобные тем, которые получаются при расщеплении октаэдрических кристаллов и шлифуются в „розочки“. Эта форма осколков наиболее удобна для ориентировки.

В спайных осколках нужно различать наружную и внутреннюю стороны. Эти две стороны одинаковы физически, но различаются по направлению ямок травления и рефлексов по отношению к контурам осколка. Иллюстрацией к сказанному может служить фиг. 270 табл. 41.

На октаэдрических гранях алмаза наблюдаются часто треугольники роста (*po*), как, например, на фиг. 61, 63, 67, и лишь редко — треугольники растворения (*pa*), как, например, на фиг. 114, 171, 291. Те и другие имеют треугольную форму с ребрами в зоне [**pd**], но различие их в том, что треугольники растворения (*pa*) направлены вершинками в сторону **c**, а треугольники роста (*po*) — в сторону **d**. Короче говоря, треугольники *pa* имеют одинаковую с октаэдром ориентировку, а треугольники *po* — противоположную (см. фиг. 270).

Можно ли считать это явление общим (а не исключительным) и присуще ли оно (или его аналог) всем кристаллам — покажет опыт. До сих пор оно наблюдалось в алмазе во всех случаях и служило ценным признаком для распознавания образований *po* и *pa*.

Для определения ориентировки ямок травления на спайном осколке нужно подвергнуть последний тщательному осмотру: табличка, отколотая от октаэдра, имеет одинаковую треугольную форму

с обеих сторон. Однако на ней можно различить наружную и внутреннюю стороны, причем ямки травления имеют на них противоположную ориентировку по отношению к контурам.

На наружной стороне верхней грани **p**¹ (фиг. 270) вершинки ямок травления направлены к вершинкам **p**¹; в спайных табличках, близких к нижней грани **p̲**¹, внутренняя сторона имеет такую же ориентировку, как наружная сторона **p**¹, и ямки травления расположены на ней так же; однако по отношению к контурам спайной таблички это расположение является обратным. Иллюстрацией может служить фиг. 270.

Итак, если мы подвергаем травлению табличку, отколотую от октаэдра, то на внутренней стороне фигурки травления будут иметь обратное направление по отношению к контурам таблички, а на наружной стороне направление их будет совпадать с ее контурами. Поскольку наружные стороны обычно неровные, мы изучаем искусственные ямки травления на внутренней стороне, и это нужно иметь в виду при рассмотрении поверхностных образований и полос в картине световых рефлексов.

Для удобства сравнения природных фигур травления (которые встречаются всегда на наружной стороне) с искусственными (на внутренней стороне) на картинах световых рефлексов — фиг. 271, 272, 274, 275, 287, 288, 291 и на изображениях поверхности — фиг. 276, 277, 281 нанесены прерывистыми линиями треугольники, указывающие ориентировку наружной октаэдрической грани. Буквами **c** здесь обозначены положения ближайших гексаэдрических граней.

В тех случаях, когда на одной стороне табличек имелась естественная поверхность, ориентировка их производилась по рефлексам этой поверхности; если же ее не было — то по рефлексам фигур травления.

Описание опытов

Опыт 1. Кристалл 125. Табл. 41, фиг. 271; табл. 42, фиг. 276.

Маленький плоский спайный осколок. Обрабатывался расплавом селитры в течение двух часов при температуре от 900 до 950° С.

На фиг. 276 изображена зарисованная под микроскопом поверхность этого осколка после травления, в проекции на протравленную спайную плоскость. Поверхность блестящая, с глубокими впадинками и выпуклыми поднятиями. Она сходна с поверхностью крист. **83** и **84**, но формы ее более

сглажены. Картина световых рефлексов (фиг. 271, гномоническая проекция на грань **p**) увеличена в два раза по сравнению с ранее приведенными картинами световых рефлексов. Такой же масштаб принят и в картинах световых рефлексов продуктов следующих опытов растворения (табл. 41 и 42).

В картине световых рефлексов наблюдаются расслоенные полосы (**D**), как в крист. **46**, которые образуют пучок световых нитей возле точки **p**. Зональные области **pdp** почти пустые, они пересекаются только отдельными световыми нитями. Это картина размыва при растворении, наступающего при длительной обработке.

Опыт 2. Кристалл 126. Табл. 41, фиг. 272, 273; табл. 42, фиг. 277, 278, 280, 281.

Плоский спайный осколок. Обрабатывался в течение короткого времени расплавом селитры.

Первая стадия. Три четверти часа. Грань октаэдра, прежде гладкая и покрытая тонкой штриховкой, параллельной ребрам, покрылась неисчислимым количеством маленьких, резко выраженных, неглубоких треугольных ямок травления, рефлекс которых состоит из одной яркой и трех маленьких световых точек и коротких полос в зоне **pc**. Несколько ямок изображено на фиг. 277, а на фиг. 278 дано изображение одной такой ямки, сильно увеличенное. Ямки подобного рода образуют нередко ряды в зоне **dpc**, т. е. параллельно высоте треугольника. Ср. схематические изображения ямок травления на фиг. 285, 286 (по Г. Розе: G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, Fig. 4, 5).

Та же табличка нагревалась повторно в расплаве селитры. Травление длилось еще полтора часа.

Вторая стадия. Октаэдрическая грань покрылась фигурками травления больших размеров, две из них изображены (при значительном увеличении) на фиг. 280. Треугольные ямки травления не глубоки, по большей части они очень блестящие, гранки ямок переходят друг в друга без резких ребер;

некоторые из них имеют вертикальные края на поверхности, а внутри они имеют форму округлых плоских чашечек. Подобная ямка изображена на фиг. 280. Вся спайная поверхность показана на фиг. 281; на ней нанесено (схематически) только несколько ямок травления. Для нас особенно интересно совпадение искусственных и естественных ямок травления. Для сравнения на фиг. 279 изображены ямки травления крист. **78**. На фиг. 281 нужно обратить особое внимание на характер округлости и острого края спайной поверхности.

Мы видим, что направления стока образуют в крае таблички параллельную штриховку, перпендикулярную не истинному краю таблички, а ребру октаэдра, обозначенному прерывистой линией. Области штриховки стока, перпендикулярной к двум октаэдрическим ребрам, образуют при столкновении неправильную пограничную линию. Иллюстрацией к сказанному является рис. 166.

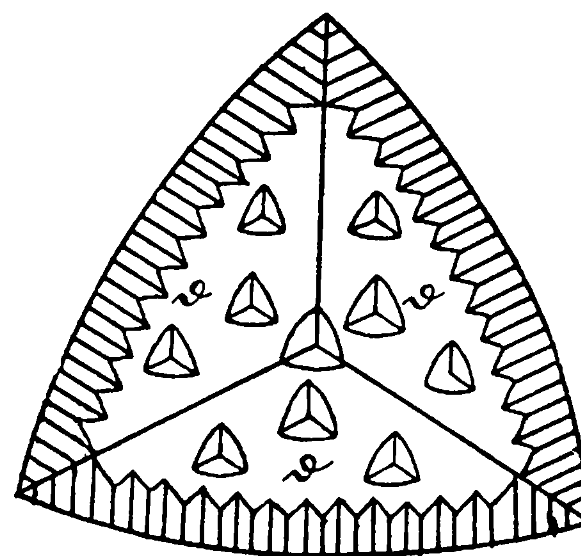


Рис. 166.
G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, Taf. 1, Fig. 2.

На фиг. 273 изображена картина световых рефлексов ямок травления на $\mathbf{p}^2$, в гномонической проекции на **c**. На фиг. 272 дана гномоническая проекция той же самой картины световых рефлексов на спайную поверхность. Далее этот опыт не продолжался.

Опыт 3. Кристалл 127.

Табл. 41, фиг. 274, 275; табл. 43, фиг. 287.

Обрабатывался расплавленной селитрой при температуре около 900° С.

Перед травлением. До травления спайная поверхность была исштрихована параллельно ребрам. На фиг. 274 дана гномоническая проекция непротравленной спайной поверхности в проекции на эту же плоскость. Подобные картины

световых рефлексов характерны для большей части спайных поверхностей алмаза.

Первая стадия. Один час. Грань **p** покрылась неправильными образованиями травления. На ней появилось несколько треугольных, слегка округлых ямок травления. Ребра спайного обломка сильно размыты и стали блестящими.

Картина световых рефлексов (фиг. 275; показана в гномонической проекции на протравленную грань **p**) совершенно отлична от картины, полученной перед травлением (фиг. 274). Здесь наблюдаются расслоенные полосы в зоне **pc** и бледные и короткие полосы в зоне **pdp**. Пограничные дуги соответствуют ямкам травления.

Вторая стадия. После перерыва травление было возобновлено и продолжалось в течение еще двух часов.

В то время как в первой стадии поверхность травления обнаружила разнообразную скульптуру, представленную ямками травления и краевой штриховкой, во второй стадии поверхность становится гладкой, более однородной и в середине ее появляется особенно большая, неглубокая и округлая ямка травления. Гномоническая проекция картины световых рефлексов также приняла иной вид (фиг. 287).

Полосы, протягивавшиеся от **p** к **c**, которые мы наблюдали в первой стадии (фиг. 275), исчезли полностью. На месте их видны пустые зональные области, которые мы наблюдали в природных кристаллах в качестве характерных образований растворения. Между этими зональными областями имеются широкие световые поля, распадающиеся одновременно на полосы и на точки. Можно заметить деление полос (**D**) на два разветвления, однако здесь еще не видны пустые зональные области в зоне **pdp**. Поверхность походит несколько на изображенную на фиг. 284, скопированной с рисунка Г. Розе (Monatsber. Ak. Berlin, 1872, Fig. 10, 6).

После того, как травление расплавом селитры было продолжено еще в течение одного часа, спайный осколок исчез без остатка.

Опыт 4. Кристалл 128. Табл. 43, фиг. 288.

С расплавленной селитрой. Спайный осколок. До травления рефлекс был такой же, как в опыте 3 (фиг. 274).

Первая стадия. Один час. Поверхность и рефлекс соответствовали данным наблюдения в первой стадии опыта 3 (фиг. 275).

Вторая стадия. Следующие полтора часа. Картина световых рефлексов (фиг. 288) сходна с картиной рефлексов во второй стадии опыта 3. Однако здесь более отчетлива шестиконечная звезда вокруг точки **p** и пустые зональные области **pdp** и **pcp**. Между ними видны световые поля. Это типичная картина растворения, весьма интересная при сравнении ее с картинами световых рефлексов природных алмазов.

Третья стадия. После дальнейшего травления в течение часа кристалл настолько уменьшился и следы травления на нем стали такими неправильными, что точные измерения оказались невозможны.

Опыт 5. Кристалл 129. Табл. 43, фиг. 289, 290.

Растворитель — селитра.

Правильно образованный природный октаэдр из Южной Африки, сходный с крист. **19.** Вес 35 мг. Гномоническая картина кристалла до травления изображена на фиг. 289. В ней наблюдаются отчетливые точки **p**, полосы [**D**], несколько расширенные в соответствии с закруглением ребер, вызванным образованием додекаэдрических ложных граней. Было поставлено еще три опыта аналогичного характера, причем все они дали одинаковые результаты.

Первая стадия. После травления в течение 40 минут при температуре от 940 до 1080° C кристалл оказался уже сильно затронутым растворением. Октаэдрические грани разделились на три отчетливо видные гранки, края которых соответствовали приближенно ребрам додекаэдра. Кроме того, обнаружился размытый перегиб этих гранок, соответствующий нашим

пограничным линиям на гранях (**d**). В общем кристалл выглядел блестящим и „зализанным“.

В картине световых рефлексов (фиг. 290) отчетливо проявляется гемиэдрия, едва заметная на поверхности. Мы видим расслоенные полосы (**D**) в октантах I и III и слабые световые точки в октантах II и IV. Нижняя часть кристалла дает картину световых рефлексов, отвечающую тетраэдрической гемиэдрии. Эту картину световых рефлексов нужно сравнить с картинами природных кристаллов (крист. **74—79**).

Вторая стадия. После того как травление продолжалось еще 30 минут, от кристалла остались только незначительные остатки, которые, однако, не давали уже гемиэдрического распределения световых полос.

Опыт 6. Кристалл 130. Табл. 42, фиг. 282, 283.

Растворитель — сода, при температуре около 1000° С.

Маленький спайный обломок. Сода действует значительно медленнее и слабее селитры. После двухчасового травления грань **p** покрылась мельчайшими треугольными ямками, вершины которых были направлены в сторону точек **c**. Форма их такая же, как у ямок травления, полученных в первой стадии опыта 2, при травлении селитрой.

На фиг. 282 и 283 изображены две такие фигурки, настолько маленькие, что они не дали рефлекса. Нужно подчеркнуть резкость и прямолинейность контуров этих фигурок и то, что они образуют ряд в зоне **pcp** по высоте треугольника.

Опыт 7.

Растворитель — сода.

Результат был аналогичен полученному при опыте 6: сначала маленькие треугольные фигурки травления, затем фигурки больших размеров, но не дающие рефлекса. После пятичасового травления число подобных треугольных фигурок увеличилось, в остальном не замечалось никакой разницы.

Результаты и сравнение с природным травлением

Наши опыты травления пока немногочисленны. Однако они несколько дополняют сведения, полученные при наблюдении природных кристаллов. Они подтверждают наше истолкование фигур травления, а это важнее всего.

Даем краткую сводку полученных результатов.

1. Явления травления легко получить при помощи расплава селитры или соды.

2. Фигуры травления образуют сначала отчетливо выраженные прямолинейные треугольники (первая стадия). Затем ямки углубляются и меняют свою форму вследствие закругления краев (вторая стадия). Первая стадия не наблюдалась нами до сих пор в природных алмазах; вторая стадия также редко наблюдается в природных кристаллах алмаза.

3. После этих двух стадий с фигурами травления образуются формы, которые мы называем „зализанными".

4. Этой стадии „зализывания" в картине световых рефлексов отвечают световые поля, покрывающие бо́льшую часть плоскости проекции и имеющие весьма своеобразный вид. Они пронизаны густой спутанной сетью тончайших световых полос, которые в данном случае выходят радиально из октаэдрической точки **p**. Между ними наблюдаются зональные области, прежде всего в зонах **pcp**, образующие трехконечную темную звезду вокруг **p**, а также пустые области в зонах **pdp**. Таким образом, из каждой точки **p** выходят шесть темных лучей.

5. Гемиэдрия проявляется в рефлексах образований травления совершенно бесспорно и подтверждается этими образованиями. При дальнейшем растворении в наших опытах исчезали явления, характерные для гемиэдрии. Это согласуется с тем, что и в природных алмазах гемиэдрия лишь слабо выражена.

6. Треугольные ямки растворения отличаются от ямок роста тем, что вершинки их обращены в сторону точек **c**, тогда как вершинки ямок роста обращены в сторону точек **d**. Это явление наблюдается как при естественном, так и при искусственном травлении.

Таким образом, направление ямок является ценным указанием для разграничения образований роста и растворения.

Нейтральные образования, так часто встречающиеся в природе, не были обнаружены при наших опытах. Правда, нельзя было и ожидать, что такие продукты могут получиться в данном случае, поскольку опыты касались только растворения.

В заключение и для целей сравнения мы даем описание и изображение кристалла с природными фигурами травления.

Кристалл 131. Табл. 43, фиг. 291, 292.

Коллекция Естественно-исторического придворного музея в Вене (F. 1307). Вес 40 мг. Молочный, опалесцирующий, просвечивающий.

Шпинелевый двойник (кристалл со швом), всесторонне округлый и „зализанный“. Треугольный, уплощенный по пло-

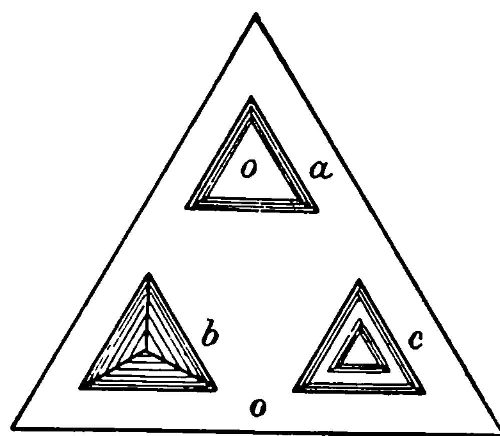


Рис. 167 (фигуры травления).

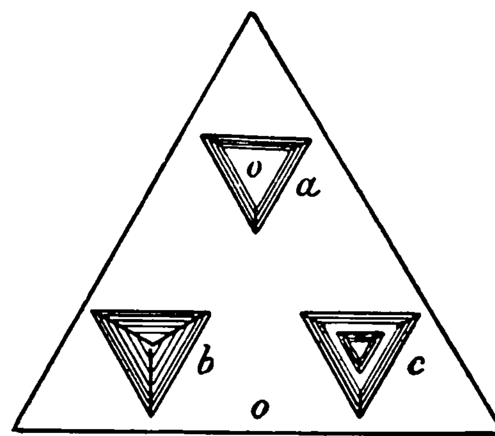


Рис. 163 (фигуры роста).

G. Rose, Monatsber. Ak. Berlin, 1872, Taf. 2, Fig. 1, 3.

скости двойникования. Входящие вершинки регенерировали, закруглены растворением и исчезли почти полностью, не счи-

тая небольшого углубления на одной стороне. Своеобразным является молочная опалесценция этого кристалла и наличие изящных ямок травления на октаэдрических гранях. Такие ямки травления наблюдались нами на крист. **78**. Они ничем не отличаются от искусственных ямок травления и покрывают всю грань. На фиг. 292 показано только несколько таких ямок в увеличенном и схематизированном виде.

Треугольные фигурки травления обращены вершинками в сторону куба, а фигурки роста — в сторону додекаэдра, в чем и заключается их характерное различие. Это явление иллюстрируется рис. 167 и 168.

Если сравнить результаты наших опытов растворения с наблюдениями природных кристаллов, то мы найдем, что они согласуются полностью и подтверждают изложенную нами трактовку этого явления.

СВОДКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Заключение, обзор и перспективы

Метод и цель исследований. При беглом обзоре результатов вышеописанных исследований выявляется следующая картина.

Измерение на двукружном гониометре позволило расширить область кристаллографических исследований. Наряду с плоскими гранями было выяснено важное значение криволинейных граней. Можно и нужно было признать эти грани и расширить понятие о системе форм. Первоначально вопрос шел о переходных и спорных гранях, затем к ним добавились образования растворения.

Эти тела и образования растворения (*ра*) оказались не менее важными, чем образования роста (*ро*). Они открыли новый мир, по размерам своим одинаковый со старым. И только совокупность этих двух миров дает нечто целое: мир кристаллических форм.

Образования растворения позволили получить непосредственные данные не только о разрушении, но и о созидании кристаллов.

Прежде всего нужно было описать и изобразить образования растворения так, чтобы они стали понятны не только наблюдателю, но и читателю данного труда. Сделать это было нелегко. Образования растворения имеют округлые грани, они не состоят из отдельных плоских граней, как образования роста; слагающие

их элементы непрерывно переходят друг в друга, образуя нечто целое, которое непрерывно изменяется при продолжающемся растворении. Здесь всё изменяется, всё течет.

Для криволинейных граней не существует ни символов, ни методики изображения, ни номенклатуры. Всё это нужно было создать. Прежде всего мы измерили рефлексы отдельных криволинейных участков на двукружном гониометре и нанесли их на проекцию. Как правило, предпочтение приходилось отдавать гномонической проекции, но в некоторых случаях пользовались стереографической проекцией. Преимущества обоих методов использовались в зависимости от условий. Прибегали также и к перспективной проекции.

Затем рефлексы нескольких участков, а потом и всего криволинейного кристалла, наносились на общую картину. Эти изображения отдельных кристаллов изучались и сравнивались между собою, и, в конце концов, они объединились в обобщенную картину световых рефлексов кристаллов определенного рода, в данном случае — алмаза.

Каждый алмаз, образование которого закончилось либо стадией роста, либо стадией растворения, имеет свою историю. И каждый — иную. Причем все кристаллы различны между собою. Каждый сам по себе уже довольно сложен, и нередко трудно охватить всю массу деталей его строения. Наши изображения поверхности и проекций дают представление о необычайном разнообразии форм алмаза, но они далеко не исчерпывают всех возможностей, количество которых кажется прямо подавляющим.

Между тем алмаз — это только один вид кристаллов. Может оказаться, что другие виды обладают таким же богатством форм, если приняться за детальное их изучение. Каким образом осилить всю эту массу деталей?

К счастью выяснилось, что все известные нам явления в картине световых рефлексов криволинейных образований алмаза допустимо объединить в общую картину, вполне понятную и ясную. До сих пор каждое новое явление

оказывалось органически связанным с общей картиной, находило в ней свое место, способствовало ее пониманию и само находило себе объяснение в общей картине.

И можно предсказать почти с полной уверенностью, что каждый кристалл имеет свою общую картину, так же как имеет ее алмаз. Эти общие картины позволят определить, что характерно для каждого отдельного вида кристаллов и что свойственно всем видам.

Наша задача заключается в том, чтобы разработать такие общие картины для всех кристаллических видов и выяснить, что в них является общим для всех кристаллов и что — специфическим для данного вида.

Мы должны были научиться читать такую картину световых рефлексов. Для этого нужно было выяснить, какого рода рефлексы отвечают определенным поверхностным образованиям, и наоборот. Одно и то же явление имело два разных выражения — в картине поверхности и в картине световых рефлексов. Одни явления проявлялись более ясно в одном выражении, другие — в другом. Нужно было научиться читать и понимать язык обоих.

Наблюдение показало, что одни поверхностные образования и виды рефлексов свойственны росту, а другие — растворению. С помощью этих признаков мы научились определять проявления роста и растворения. Мы могли проследить процесс растворения по направлениям потоков и началу их действия. Можно было заметить, что некоторые потоки растворения меняли свой характер по мере продвижения — сначала они становились нейтральными, а еще далее они превращались в потоки роста.

При этом можно было вникнуть в механику процессов роста и растворения и получить разгадку их созидающей деятельности. С механикой образования кристаллов неразрывно связана механика движения частиц твердых тел вообще, а также и жидкостей. Одной из основных, если не главной задачей кристаллографии является участие в разрешении

проблем механики движения частиц в твердых телах.

Вопрос о гемиэдрии алмаза оставался еще не разрешенным. Однако описанные исследования позволяют считать его теперь решенным бесспорно. В этих исследованиях важную роль играли опять-таки полосы в картине световых рефлексов и линии в картине проекции. Они выявили во многих случаях гемиэдрию там, где нельзя было ее установить на основании поверхностных образований.

В тесной связи с вопросом о гемиэдрии стоит возникновение простых, полисинтетических и сложных двойниковых образований. Этот вопрос также удалось выяснить до известной степени. Некоторые явления, которые считались типичными для двойникования, приходится отнести за счет растворения (например желобки на ребрах октаэдра). Зато мы смогли выявить другие признаки образования простых и полисинтетических двойников. Проекция рефлексов и особенно выделение отдельных элементов при помощи разной окраски позволили разгадать характер многих сложных двойниковых образований.

При этом оказалось, что существуют продукты, обусловленные взаимодействием потоков роста и растворения при их столкновении на границе двух индивидов, образующих двойник. Эти пограничные образования чрезвычайно своеобразны, и на их основании возможны обратные выводы о характере процессов роста и растворения.

Вопрос о связи между двойниками прорастания и сложными двойниковыми образованиями представляет собою самостоятельную проблему, которая требует тщательной разработки. При этом выяснится, служит ли появление сложных двойников необходимой предпосылкой образования двойников прорастания. Вернее всего, что дело обстоит именно так.

В отношении образования алмаза наши исследования привели к следующим результатам.

История некоторых кристаллов заканчивается после того, как они выделились из маточного (силикатного) расплава, в котором образовались во взвешенном состоянии, т. е. на стадии роста. Другие снова подверглись действию маточного расплава, которое привело к их частичному растворению. В формах этих кристаллов проявляется процесс растворения. Наконец, в третьей группе наблюдаются одновременно явления и роста и растворения, со всеми возможными переходами.

В некоторых кристаллах мы видим почти чистый рост и лишь следы растворения; в других — чистое растворение и только следы роста; наконец, в третьих рост и растворение находятся в равновесии. Наиболее сильная тенденция к росту наблюдается у октаэдра (главные грани роста), а к растворению — у куба (главные грани растворения). Главный растворяющий поток устремляется на кристалл перпендикулярно к кубу и стекает в направлении додекаэдра. Плоскость додекаэдра можно назвать плоскостью главного растворяющего потока.

Если маточный расплав обладает большой растворяющей силой, то поток остается растворяющим на всем своем протяжении. Если его растворяющая способность слабая, то он может постепенно стать нейтральным и даже перейти в поток роста. В последнем случае он отлагает в некотором месте ранее захваченные им частицы.

Аналогия. Таким же способом ручей с крутым падением может эродировать на всем своем протяжении, между тем как полого падающий ручей может эродировать в верхнем течении и отлагать осадки в нижнем течении.

Поэтому случается, что одновременно происходит растворение куба и осаждение частиц на октаэдре. Рост, обусловленный растворяющим потоком, особенно отчетливо наблюдается там, где происходит задержка при столкновении нескольких потоков. На местах таких слияний наблюдается

в одних случаях снос вследствие высверливания водоворотом, а в других — рост, обусловленный застоем.

Аналогию можно найти в реке при образовании водоворота вследствие столкновения нескольких течений. Некоторые из этих водоворотов высверливают и выносят материал, другие инертны и отлагают осадки. Для урегулирования течения реки оба эти явления должны быть использованы и уравновешены.

Если имеются бугорки травления, то они образуют ряды в направлении растворяющего потока (встречая его в лоб, как форели в ручье). Это дает нам возможность узнать направление потока. Если же имеются ямки травления, то это указывает, что растворяющий поток устремлялся на грань перпендикулярно.

Образования на границе роста и растворения представляют особый интерес. По ним мы можем судить о поведении главных граней в отношении роста и растворения. Мы наблюдаем здесь во всех тонкостях процесс роста и растворения: его течение, продукты и переходы. Ни в кристаллах, представляющих собою законченное образование роста, ни в тех, развитие которых прекратилось в стадии растворения, мы не находим такого богатства прекрасных, важных и поучительных явлений.

Изучение топаза (Гольдшмидт и Розицкий) привело к аналогичным результатам для этого минерала. Здесь также прекрасно выражены образования на границе роста и растворения. Образования *ро-ра* должны стать предметом дальнейшего углубленного изучения. Они широко распространены среди кристаллов, можно даже сказать, что они представляют собою общее явление.

И это естественно.

Кристалл образуется в маточном расплаве после того, как последний насытился и стал пересыщенным вследствие остывания или каких-либо иных изменений в условиях. Кристаллизация продолжается до тех пор, пока не прекратится пересыщенное состояние расплава. Тогда наступает равнове-

сие. Кристалл не растет и не растворяется. Исследования в другой области заставляют допустить, что энергия частиц, слагающих грани, различна в направлении разных главных граней. Так что если материнский расплав нейтрален для одного рода граней, то он может не быть нейтральным для граней другого рода. Поэтому бывает, что в маточном расплаве, нейтральном для кристалла в целом, частицы будут сноситься с одной грани и отлагаться на другой, так что один вид граней будет развиваться за счет другого.

Малейшее изменение в маточном расплаве, вызванное, например, его охлаждением или нагреванием, выпадением или растворением других веществ, течениями и смешением в магме, способно вызвать нарушение равновесия в сторону роста или растворения. Если это нарушение минимально, то оно отражается только на гранях одного рода и не отражается на гранях другого рода. Такое переходное состояние может быстро прекратиться, но оно может быть и длительным, при постоянном колебании в обе стороны. Развитие многих кристаллов закончилось в таком состоянии.

В обширном магматическом бассейне условия не будут повсюду одинаковыми. Случается, что одновременно возникнут в одном месте образования растворения, в другом — образования роста, а в третьем — нейтральные образования ро-ра и в одном местонахождении у одного и того же минерала будут наблюдаться образования всех трех родов. И действительно, нам встречались алмазы, в одной половине которых преобладает рост, а в другой — растворение. Здесь решающим могло быть влияние соседних кристаллов или течений в магме.

Аналогично выглядит лежащий в ручье камень, одна сторона которого размывается потоком, в то время как на другой его стороне отлагаются ил и песок.

Опыты по травлению и растворению кристаллов алмаза и спайных обломков полностью подтвердили и допол-

нили опыт, полученный при наблюдении законченных кристаллов. К сожалению, пока невозможно проследить экспериментально развитие образований роста и нейтральных образований в алмазе. Не удалось нам также получить тела растворения из алмазных шаров, отчасти вследствие дороговизны материала, отчасти в связи с трудностью получения шаровой огранки алмазов.

Соответствующие исследования кристаллов другого рода могут дать нужные дополнения. Следует поставить специальное исследование образований роста, растворения и нейтральных образований в ш а р а х. Такие исследования начаты, и они дали уже ценные результаты в смысле аналогий, которые будут описаны нами впоследствии. Материалом для этих исследований служили в первую очередь квасцы и медный купорос.

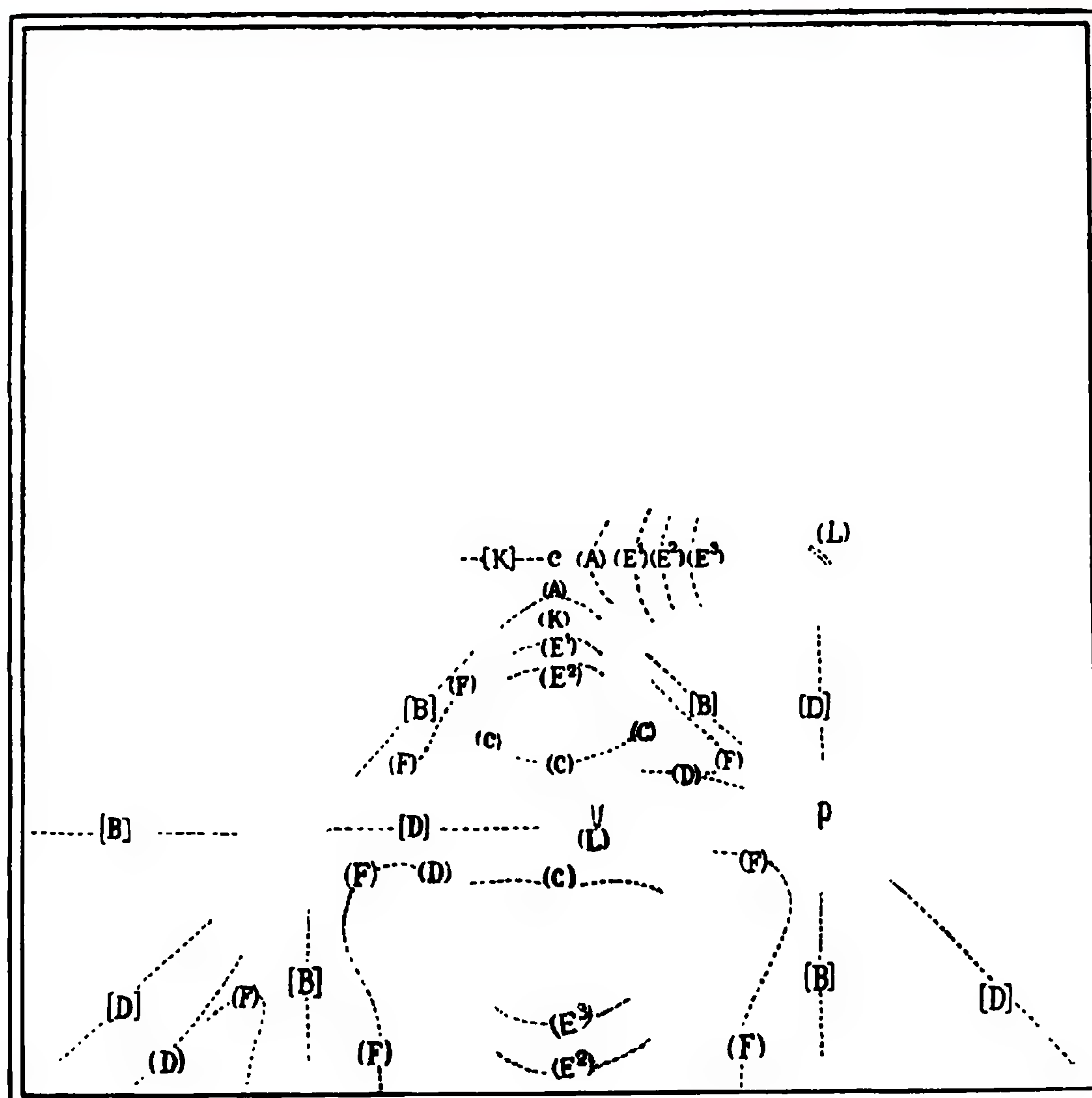
Описание кристаллов — в своем роде самоцель в том смысле, что наблюдатель и читатель могут познать таким образом богатство, красоту, многообразие и закономерность форм в природе. С другой стороны, это — звено в системе познания сущности кристалла как такового.

АТЛАС

А. Е. Ферсман

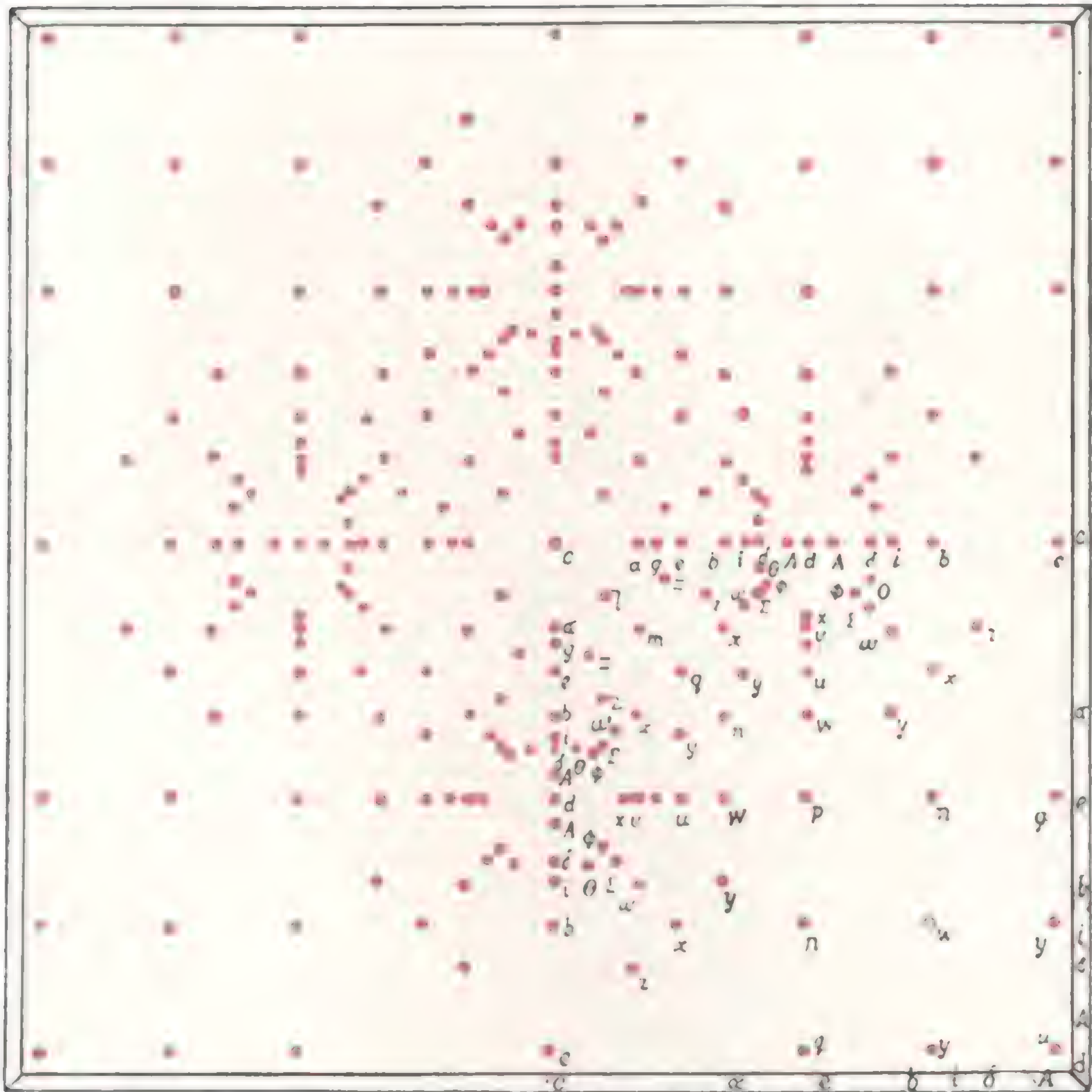


К фиг. 1.

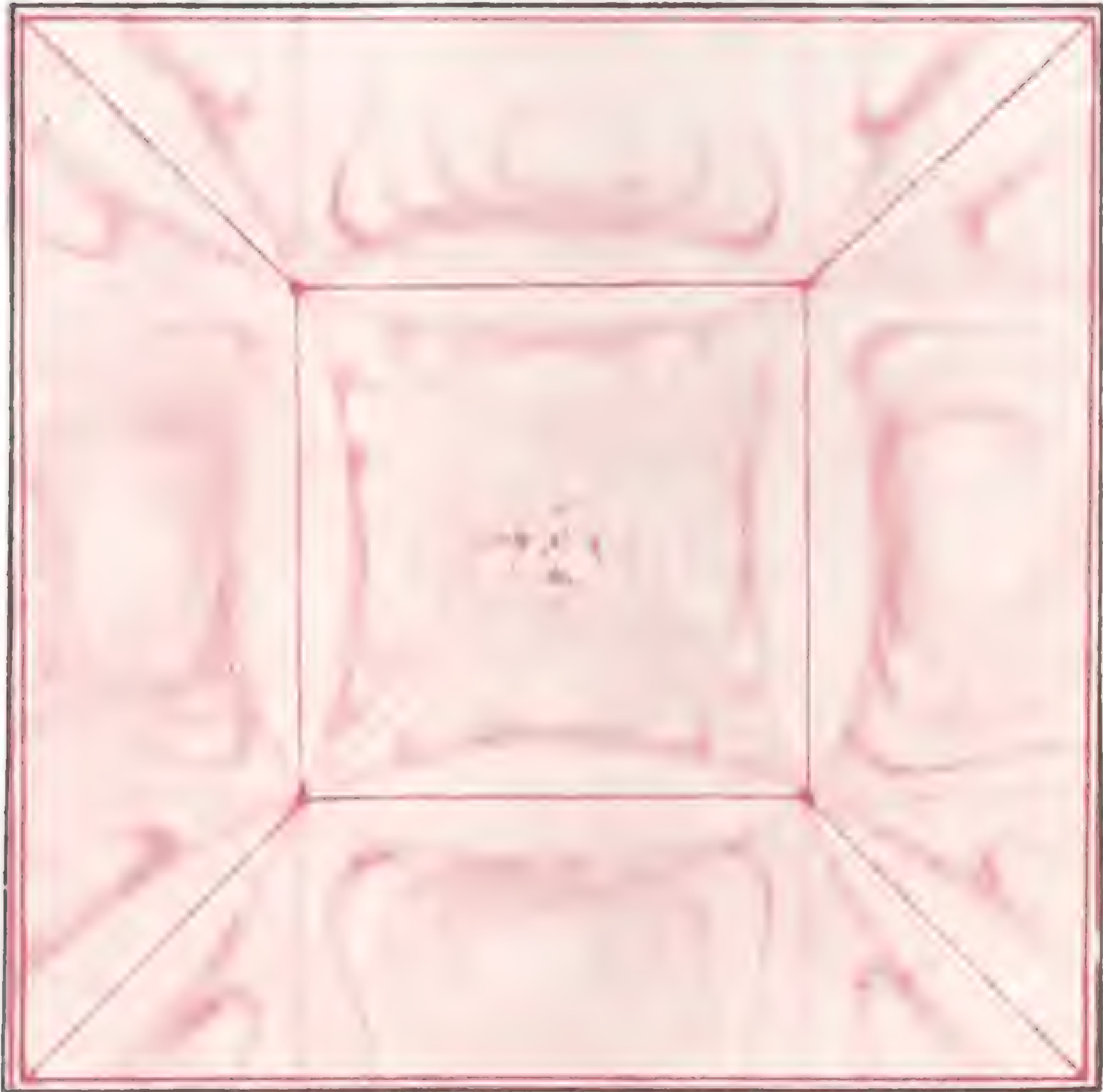


К фиг. 2.

Таблица 1.



Фиг. 1.



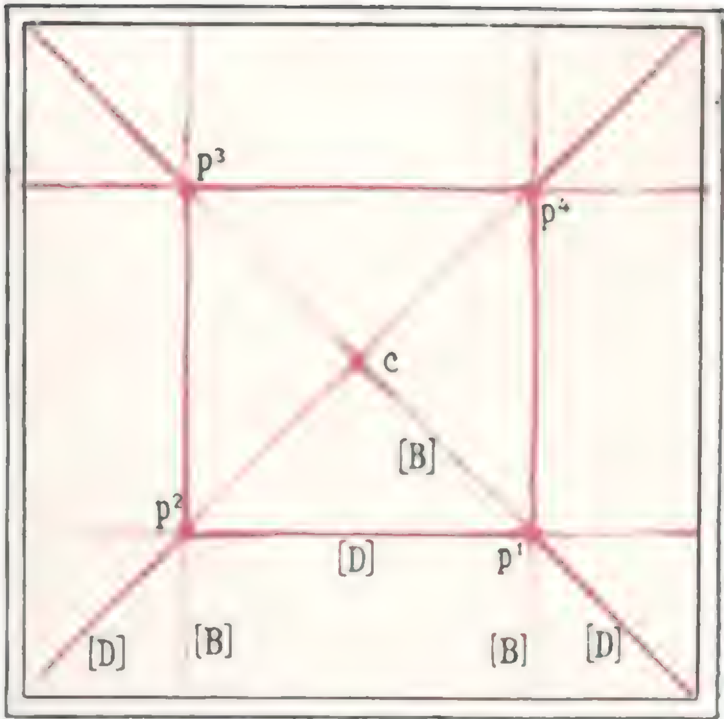
Фиг. 2.

*

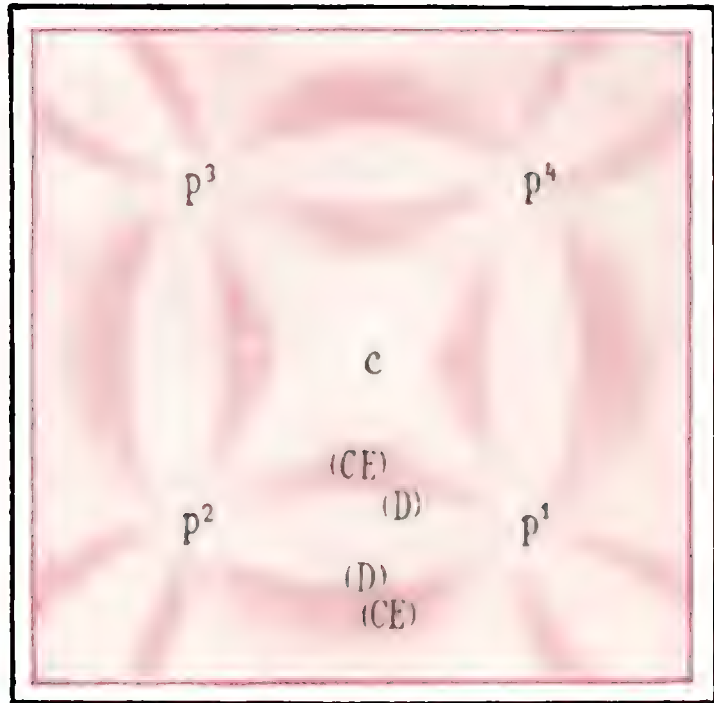
Таблица 2.



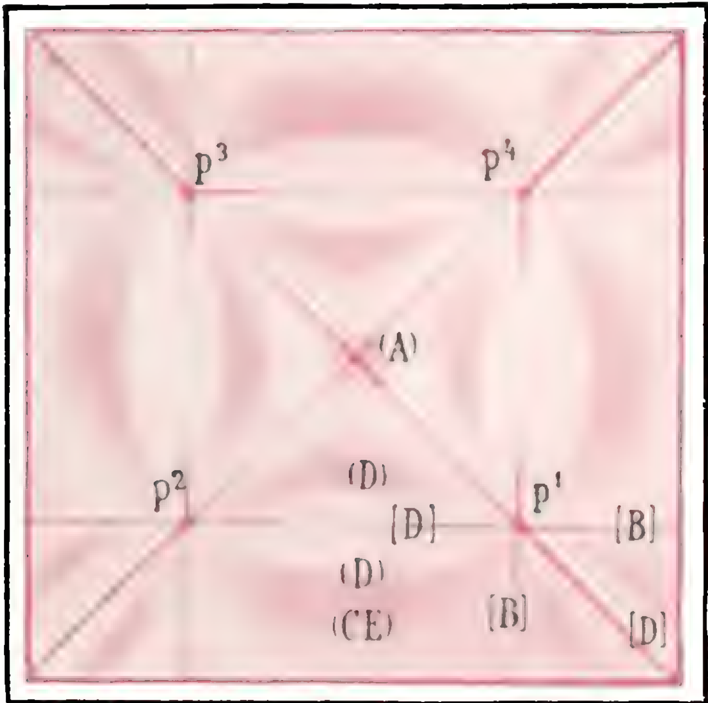
Фиг. 3.



Фиг. 4.



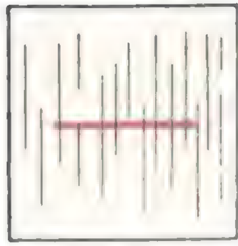
Фиг. 5.



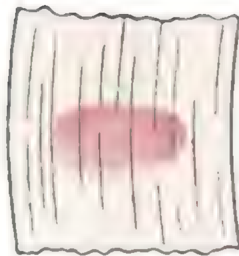
Фиг. 6.



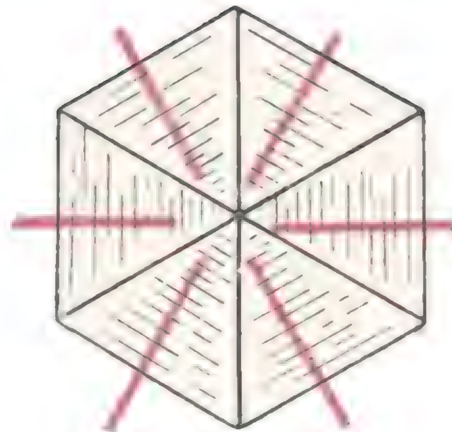
Фиг. 7.



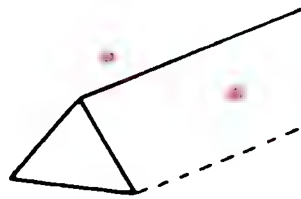
Фиг. 8.



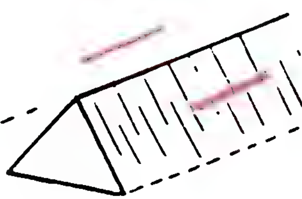
Фиг. 9.



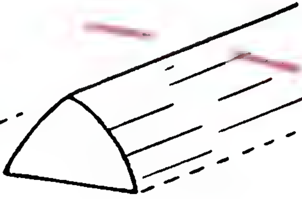
Фиг. 10.



Фиг. 11.



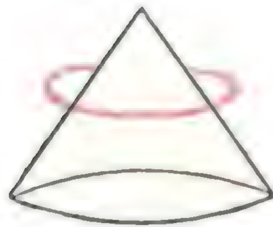
Фиг. 12.



Фиг. 13.



Фиг. 14.



Фиг. 15.



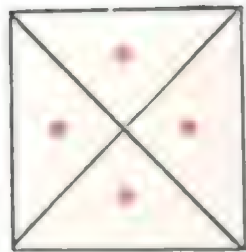
Фиг. 16.



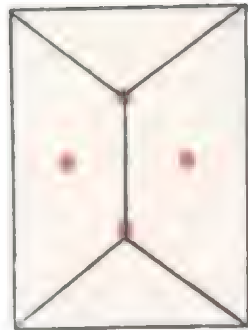
Фиг. 17.



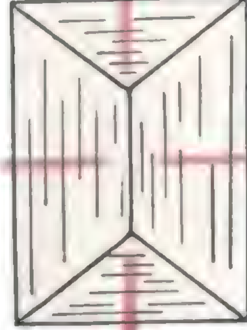
Фиг. 18.



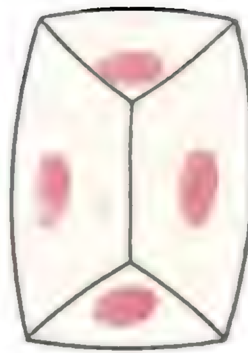
Фиг. 19.



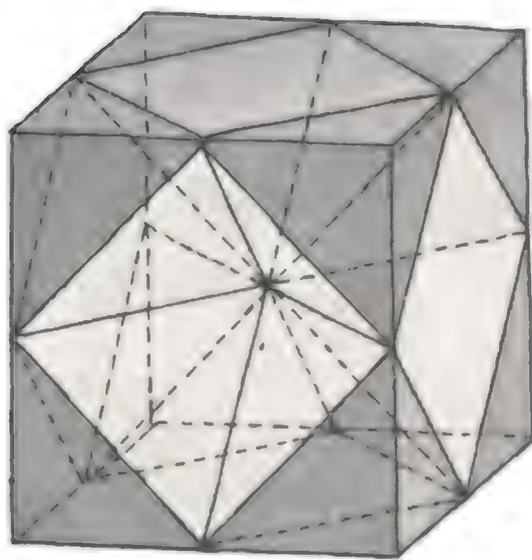
Фиг. 20.



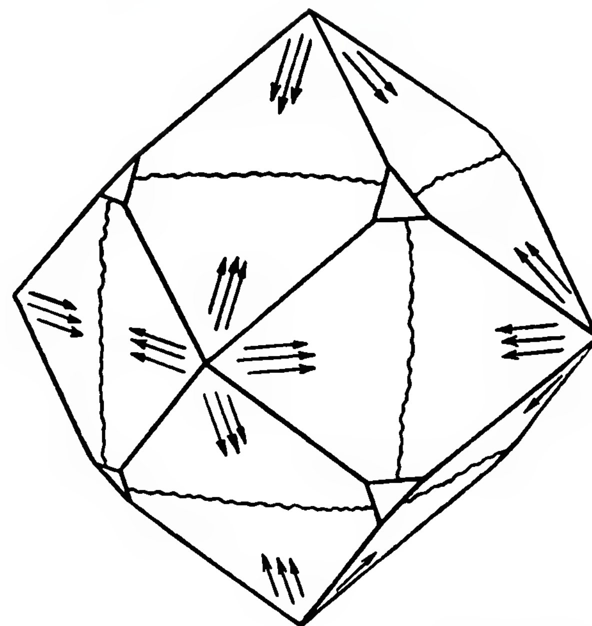
Фиг. 21.



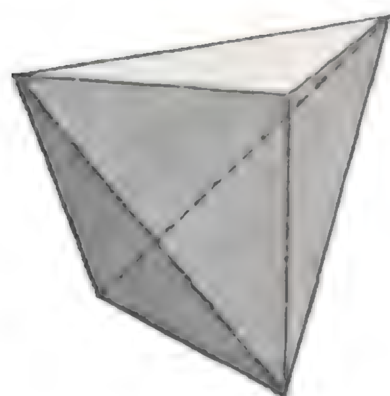
Фиг. 22.



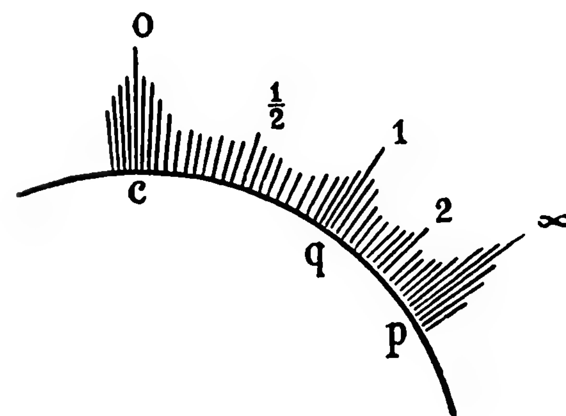
Фиг. 23.



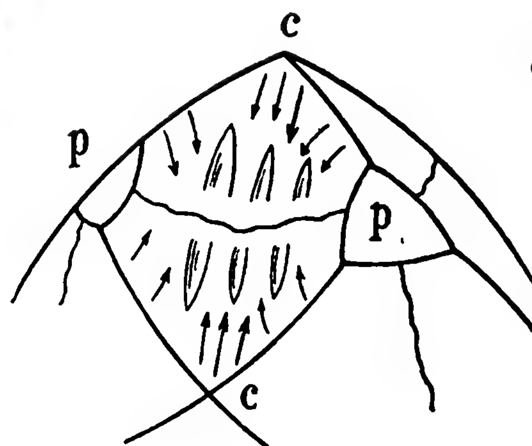
Фиг. 24.



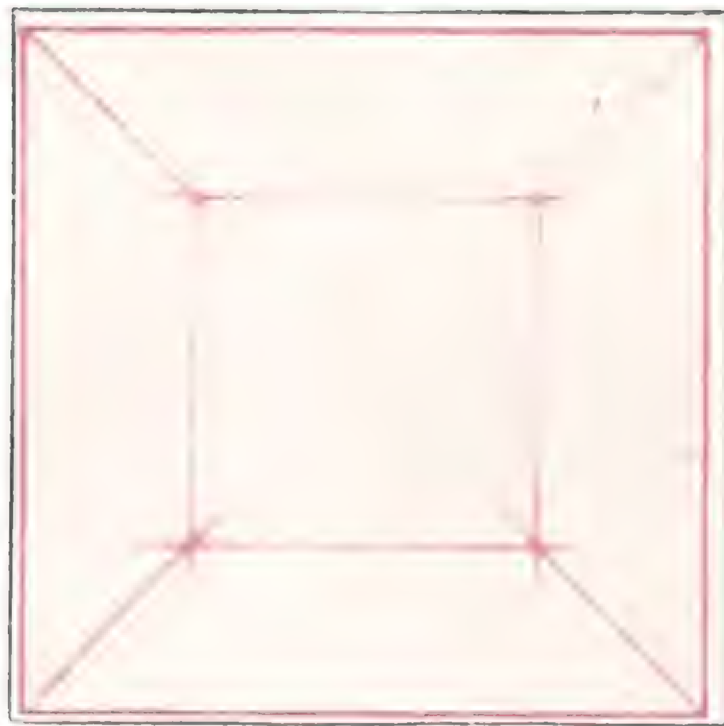
Фиг. 23а.



Фиг. 26.



Фиг. 25.



Фиг. 27. Крист. 1.



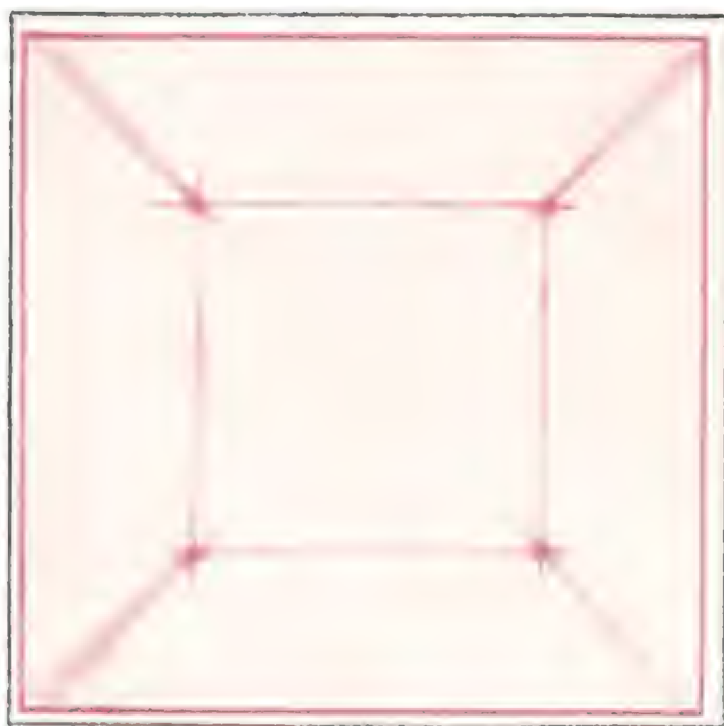
Фиг. 28. Крист. 3.



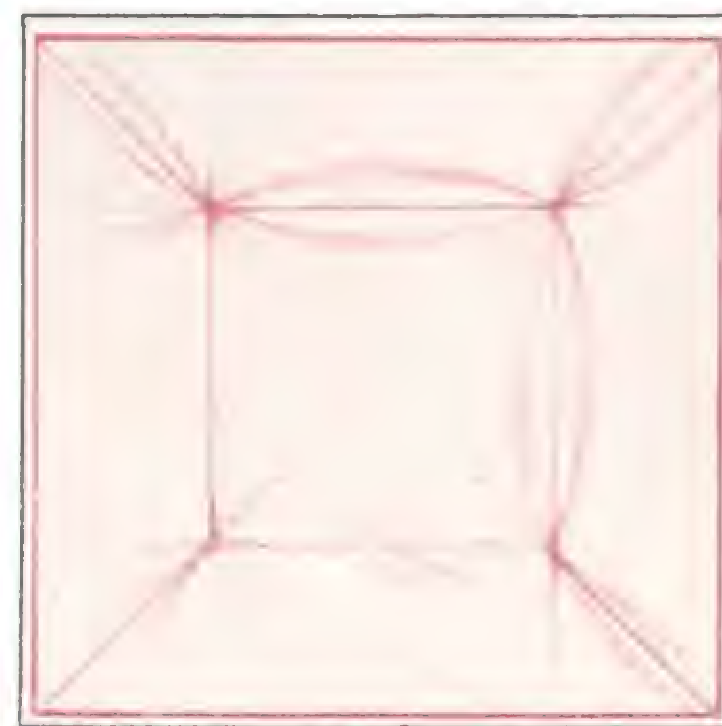
Фиг. 29. Крист. 1.



Фиг. 30. Крист. 4.

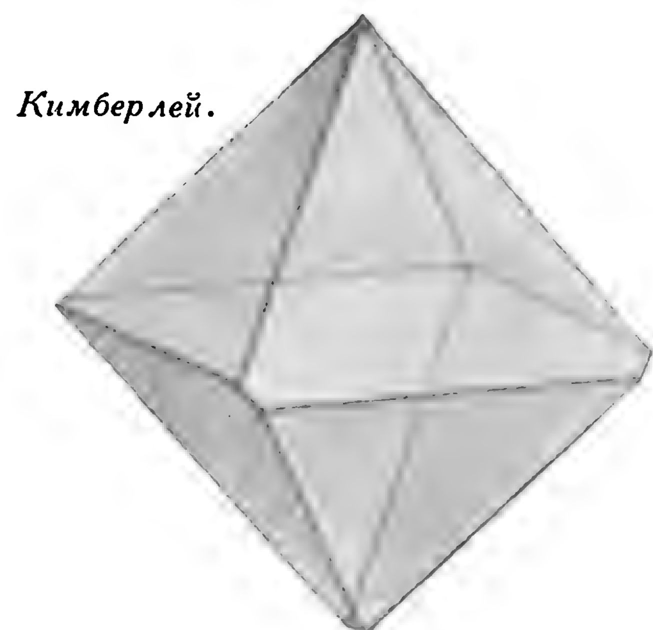


Фиг. 31. Крист. 6.



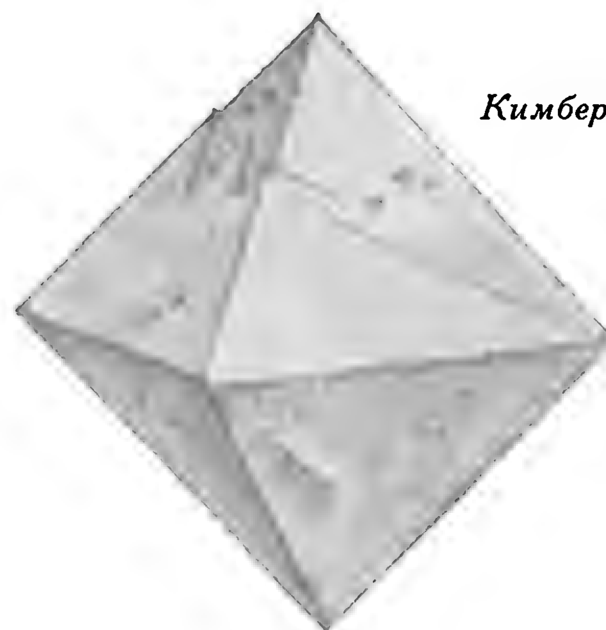
Фиг. 32. Крист. 10.

Кимберлей.



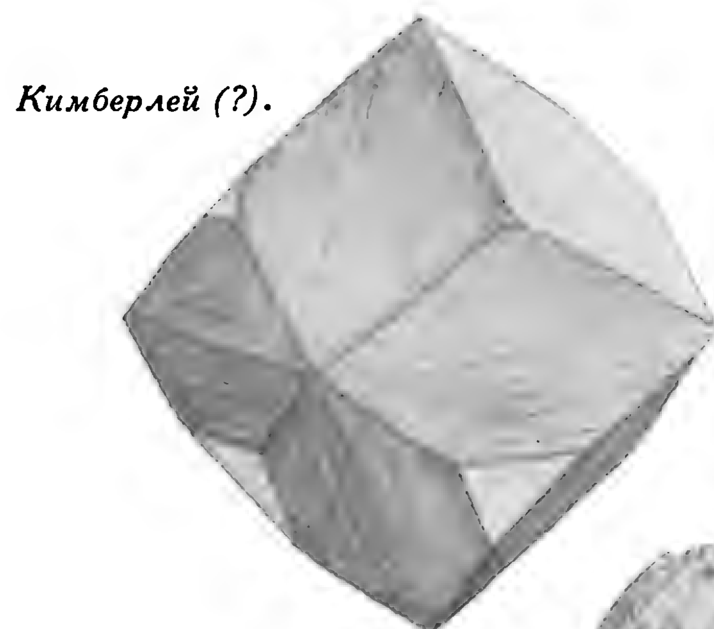
Фиг. 33. Крист. 2.

Кимберлей.



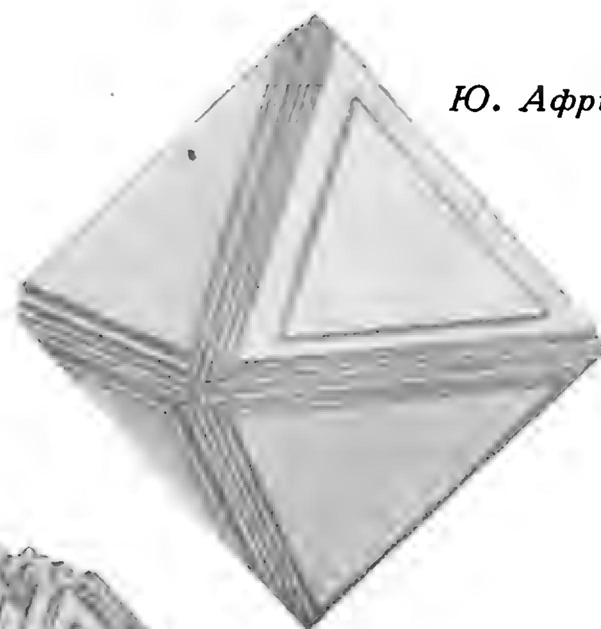
Фиг. 34. Крист. 3.

Кимберлей (?).



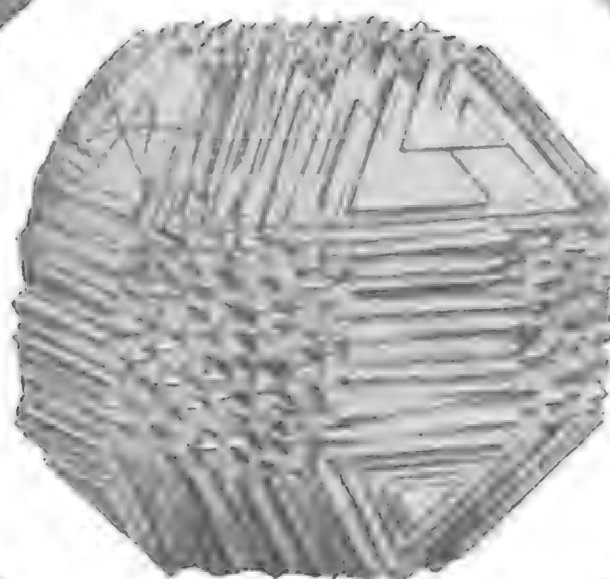
Фиг. 35. Крист. 4.

Ю. Африка.

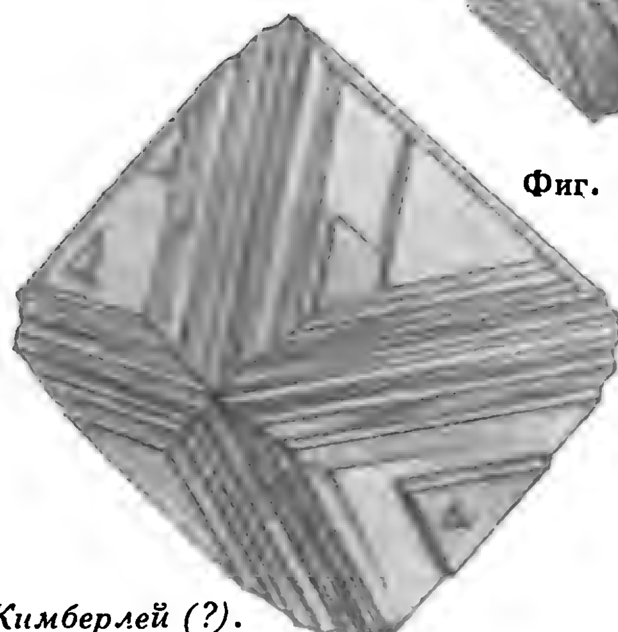


Фиг. 36. Крист. 5.

Бразилия.

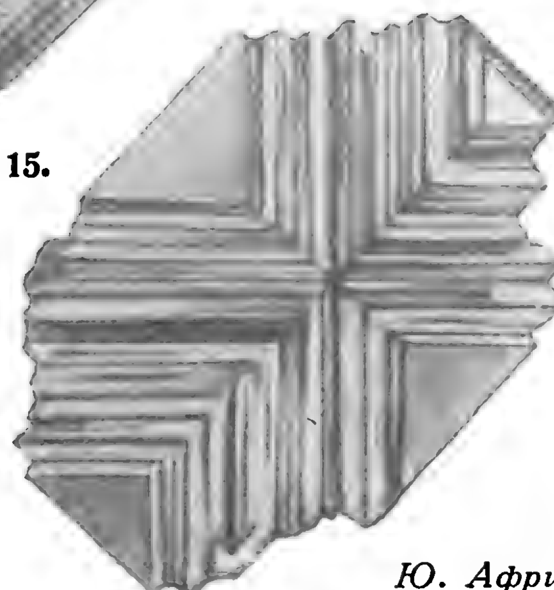


Фиг. 37. Крист. 15.



Кимберлей (?).

Фиг. 38. Крист. 6.

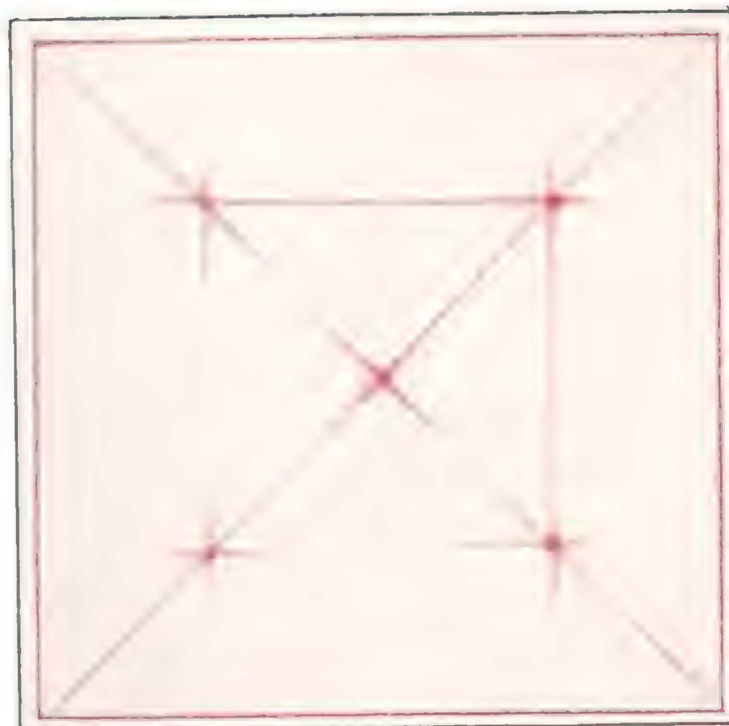


Ю. Африка.

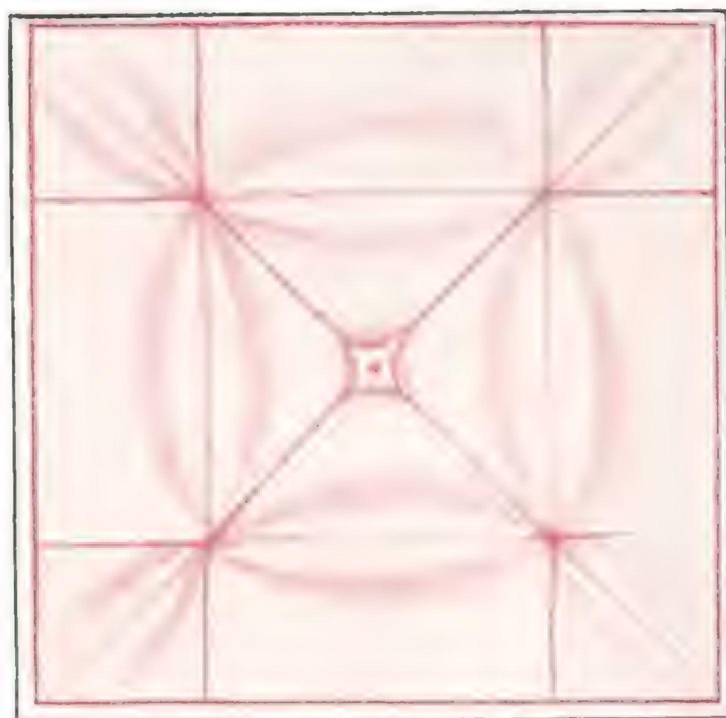
Фиг. 39. Крист. 10.



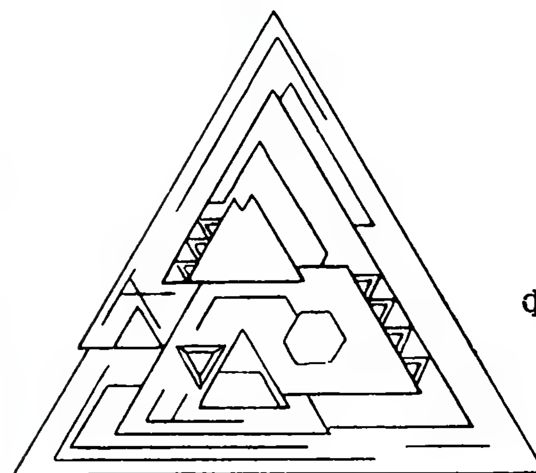
Фиг. 40. Крист. 12.



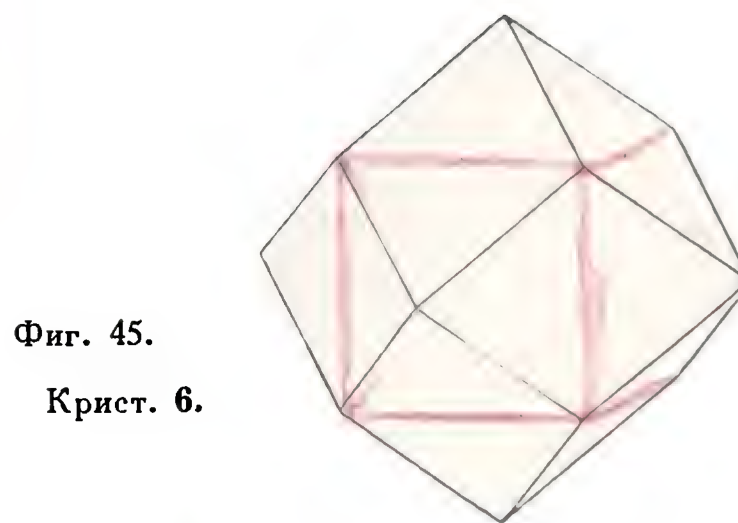
Фиг. 41. Крист. 13.



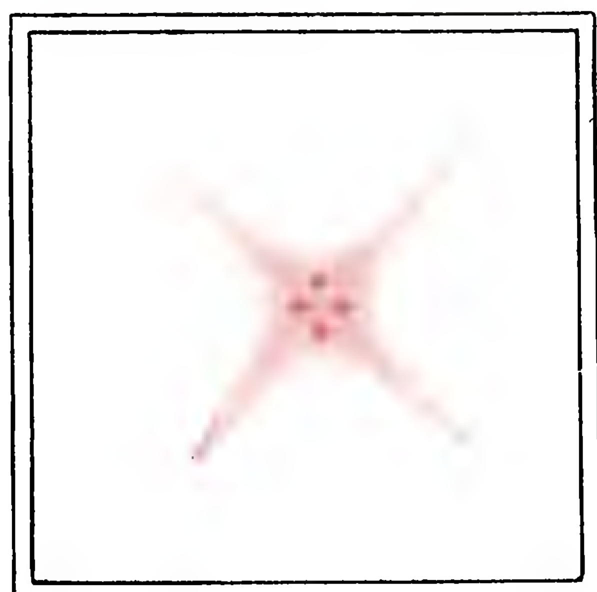
Фиг. 42. Крист. 14.



Фиг. 43. Крист. 10.



Фиг. 45. Крист. 6.

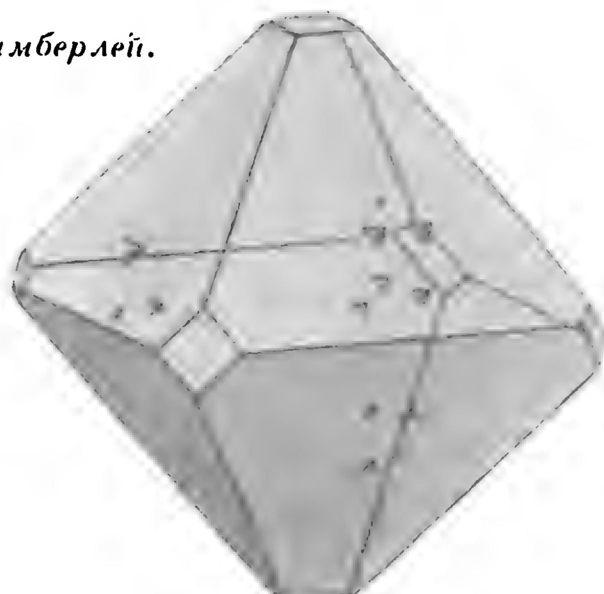


Фиг. 44. Крист. 12.



Фиг. 46. Крист. 18.

Кимберлей.



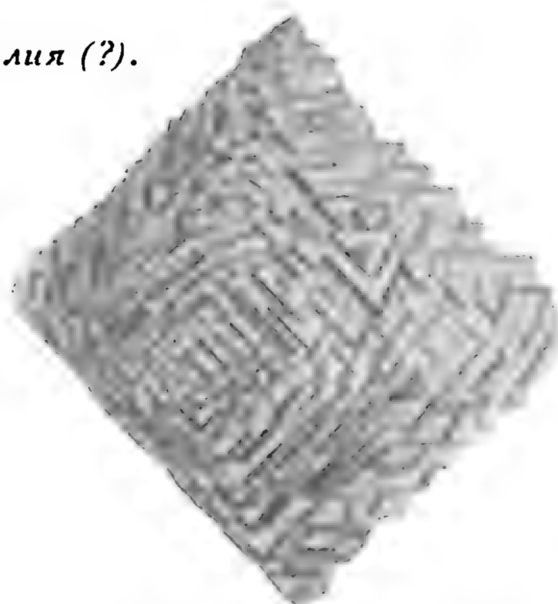
Фиг. 47. **Крист. 12.**

Бразилия.

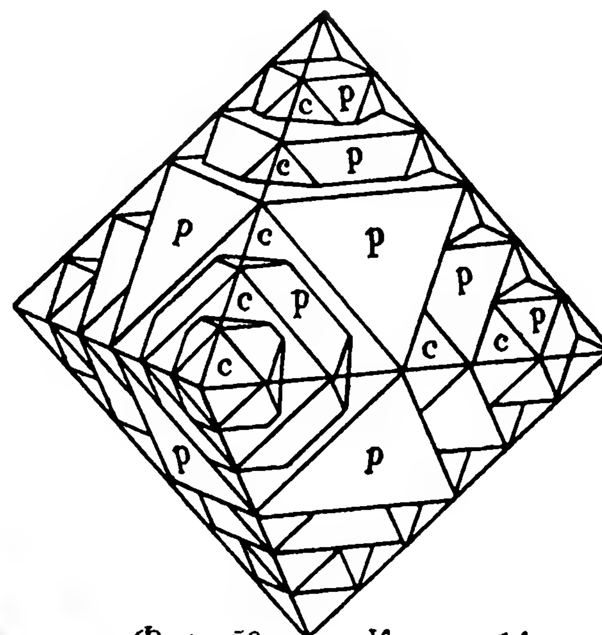


Фиг. 48. **Крист. 13.**

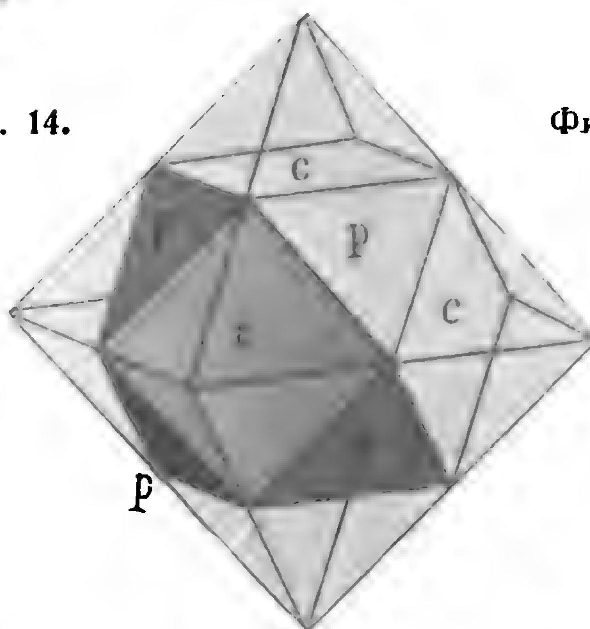
Бразилия (?).



Фиг. 49. **Крист. 14.**



Фиг. 50. **Крист. 14.**



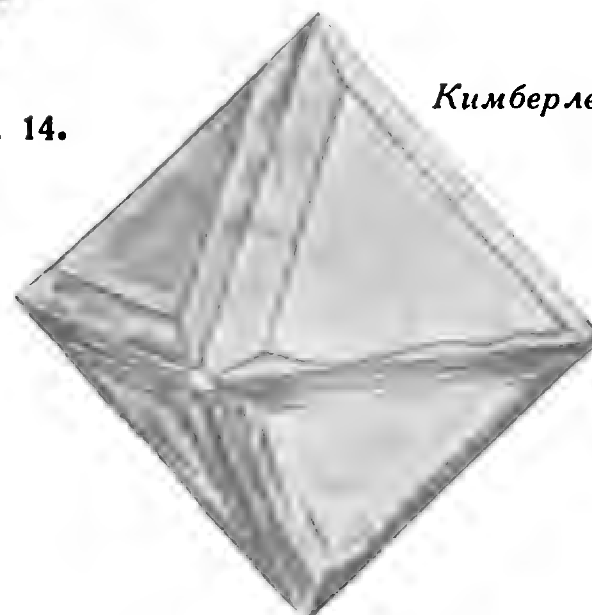
Фиг. 51. **Крист. 14.**

Кимберлей.



Фиг. 52. **Крист. 16.**

Кимберлей.

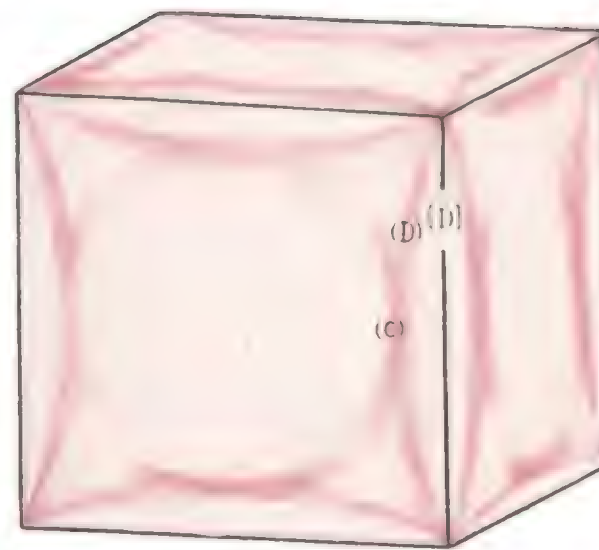


Фиг. 53. **Крист. 17.**

Таблица 8.



Фиг. 54. Крист. 18.



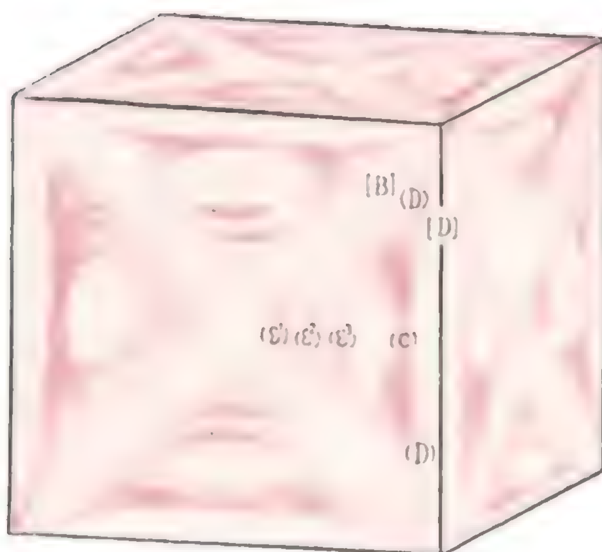
Фиг. 55. Крист. 18.



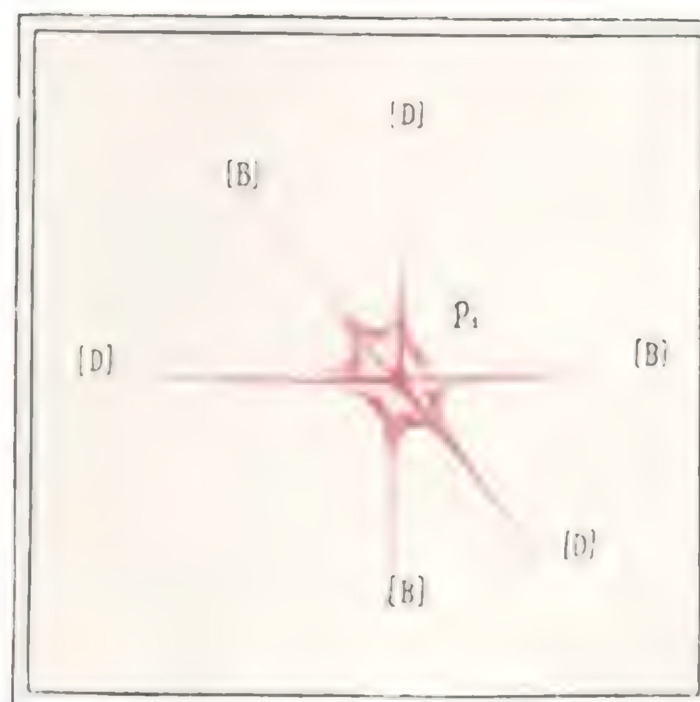
Фиг. 56. Крист. 21.



Фиг. 57. Крист. 21.

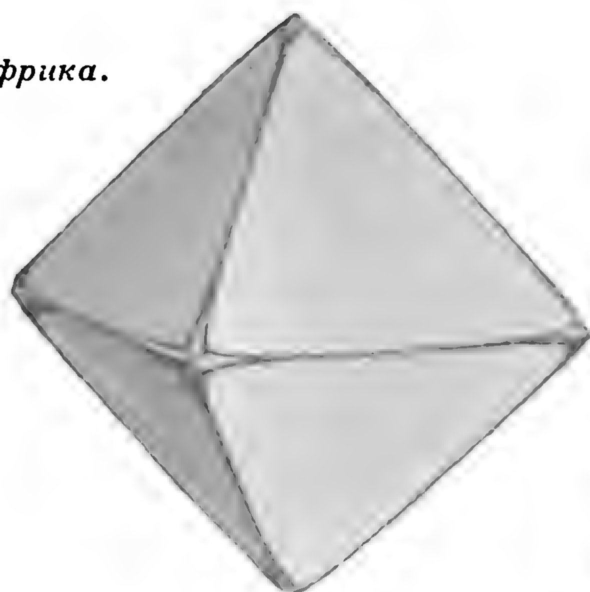


Фиг. 58. Крист. 21.



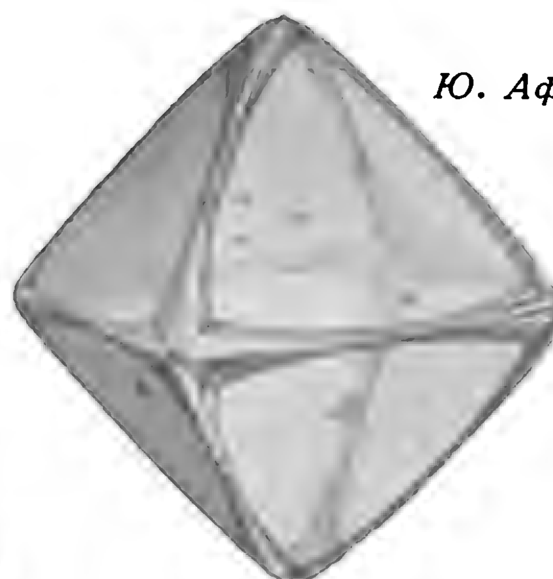
Фиг. 59. Крист. 24.

Ю. Африка.

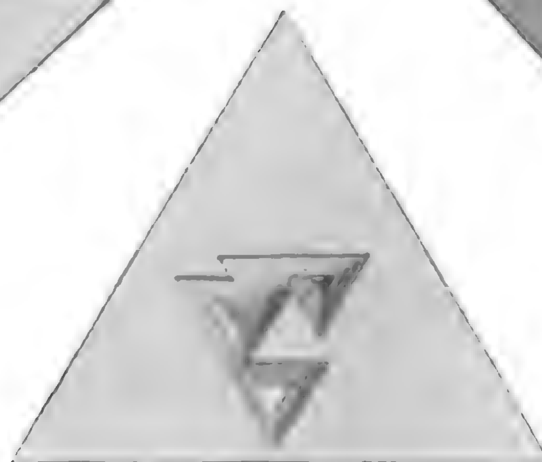


Фиг. 60. Крист. 19.

Ю. Африка.



Фиг. 61. Крист. 18.



Фиг. 62. Крист. 18.

Ю. Африка.



Фиг. 63. Крист. 21.

Ю. Африка.

Ю. Африка.



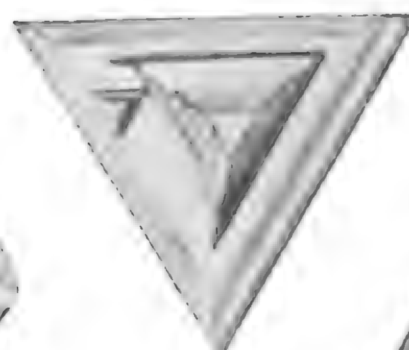
Фиг. 64. Крист. 22.

Ю.-З. Африка.



Фиг. 66. Крист. 23.

Ю. Африка.



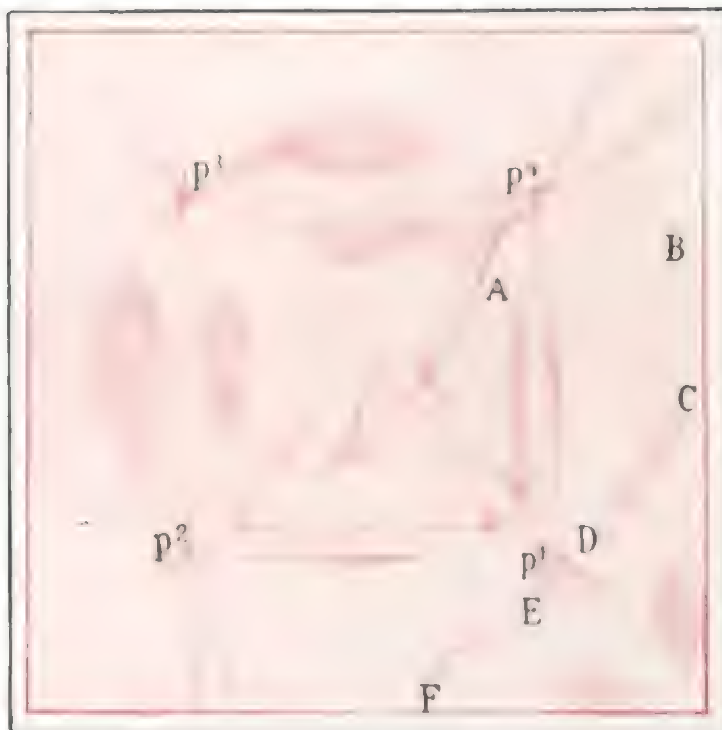
Фиг. 65.
Крист. 18.

Кимберлей.

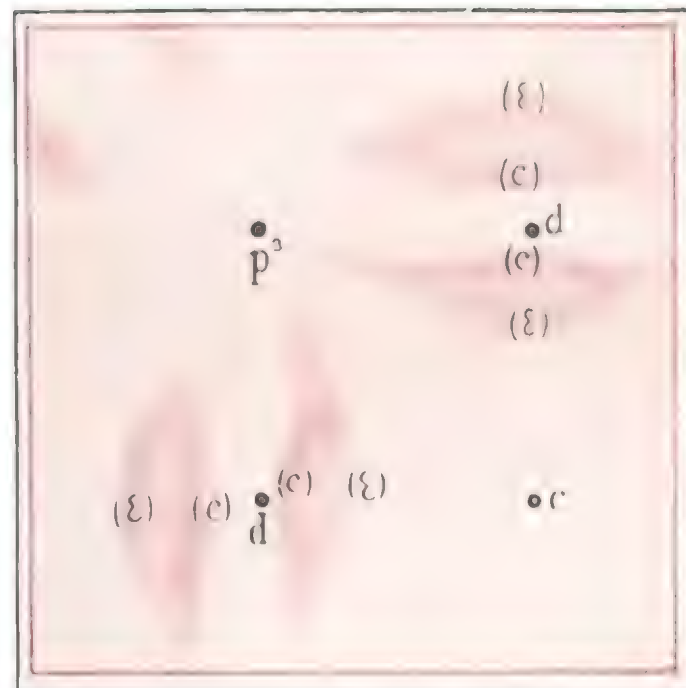


Фиг. 67. Крист. 24.

Таблица 10.



Фиг. 68. **Крист. 26.**



Фиг. 69. **Крист. 26.**



Байя, Бразилия.

Фиг. 70. **Крист. 26.**



Байя, Бразилия.

Фиг. 72.
Крист. 26.

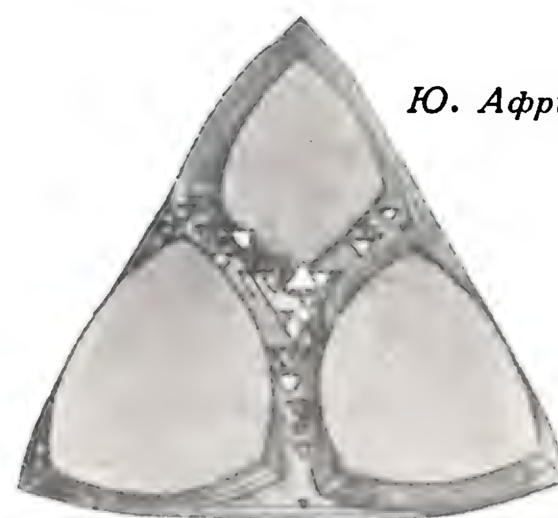
Фиг. 71. **Крист. 25.**

Ю. Африка.



Фиг. 73. **Крист. 25.**

Ю. Африка.



Фиг. 74. **Крист. 25.**

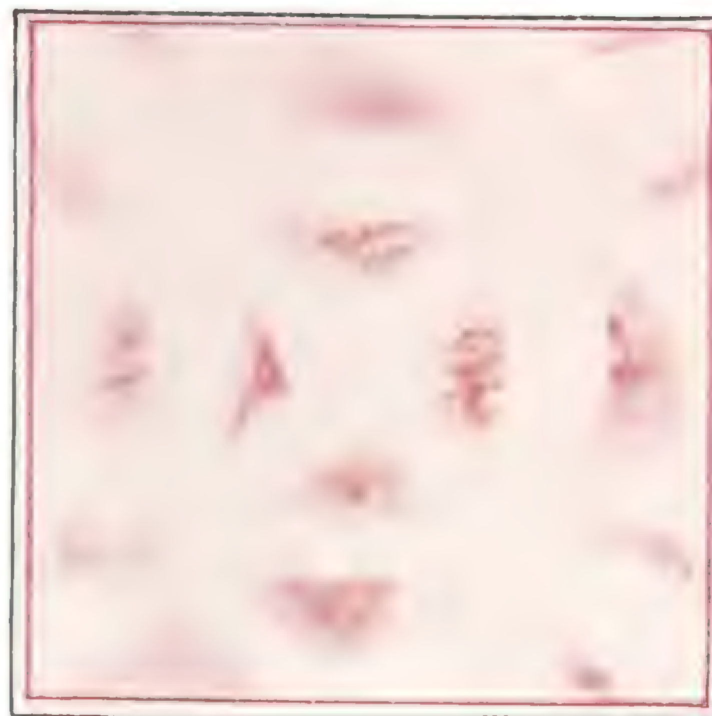

Фиг. 75. Крист. 27.


Фиг. 76. Крист. 29.


Фиг. 77. Крист. 29.


Фиг. 78. Крист. 30.


Фиг. 79. Крист. 31.


Фиг. 80. Крист. 32.



Фиг. 81. Крист. 27.



Фиг. 82. Крист. 28.



Фиг. 83. Крист. 29.





Фиг. 84 Крист 30

Фиг. 85. Крист. 31.

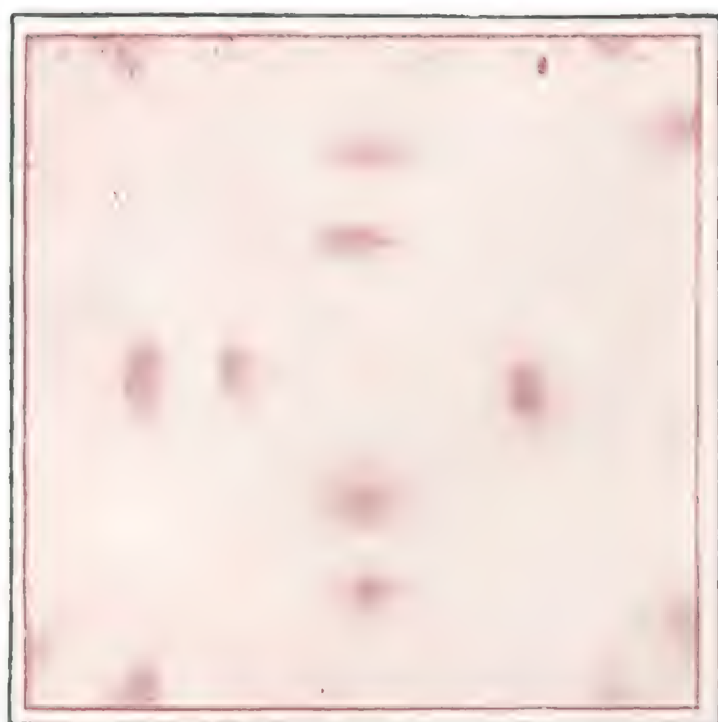


Фиг. 86. Крист. 32.



Фиг. 87. Крист. 33.

Таблица 13.



Фиг. 88. Крист. 34.



Фиг. 89. Крист. 37.



Фиг. 90. Крист. 40.



Фиг. 91. Крист. 42.

Ю. Африка.



Фиг. 92. Крист. 39.

Ю. Африка.



Фиг. 93. Крист. 39.

Ю.-З. Африка.



Фиг. 94. Крист. 34.

Бразилия.



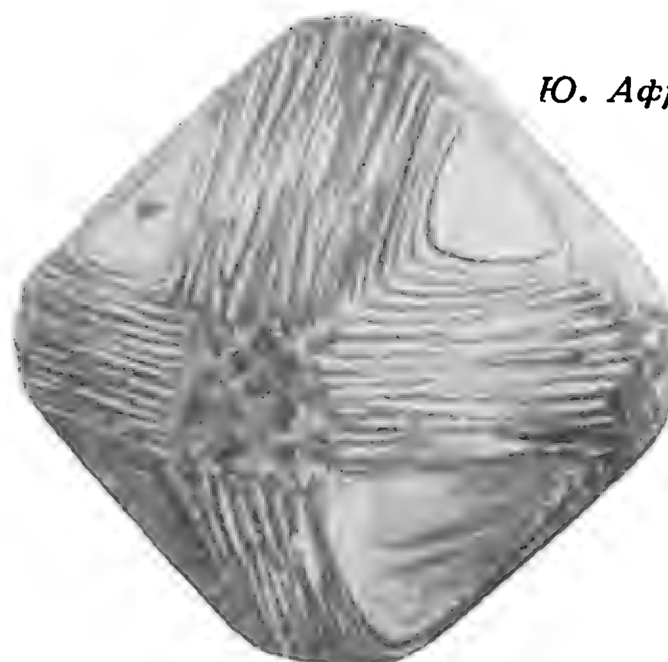
Фиг. 95. Крист. 35.

Ю.-З. Африка.



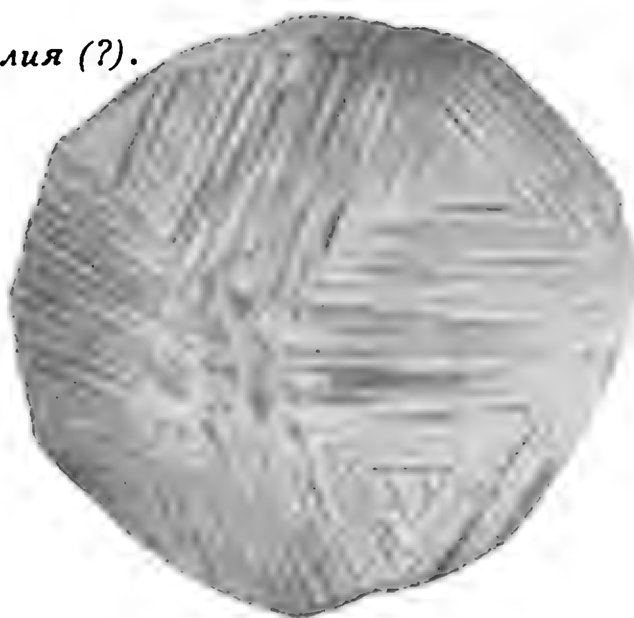
Фиг. 96. Крист. 36.

Ю. Африка (?).



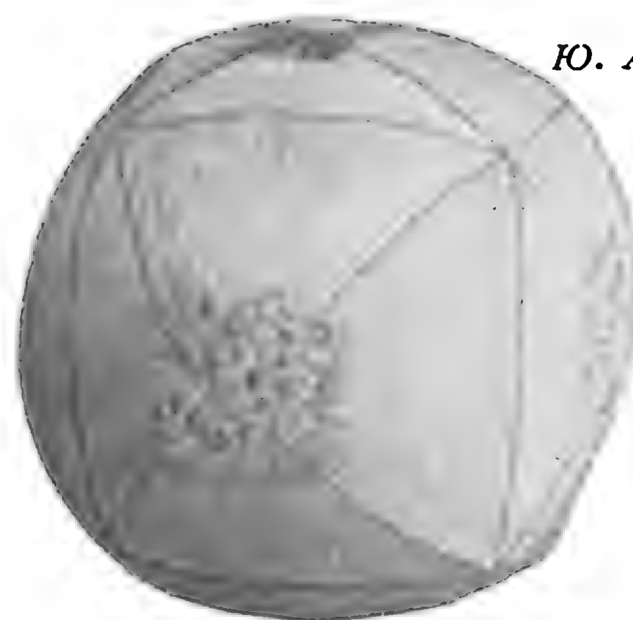
Фиг. 97. Крист. 37.

Бразилия (?).



Фиг. 98. Крист. 38.

Ю. Африка.



Фиг. 99. Крист. 39.

Бразилия.



Фиг. 100. Крист. **40.**

Кимберлей.



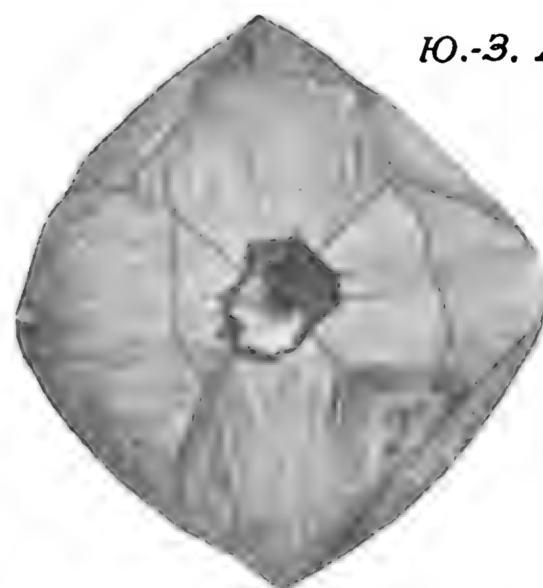
Фиг. 101. Крист. **41.**

Кимберлей.



Фиг. 102. Крист. **42.**

Ю.-З. Африка.



Фиг. 103. Крист. **43.**

Ю. Африка (?).



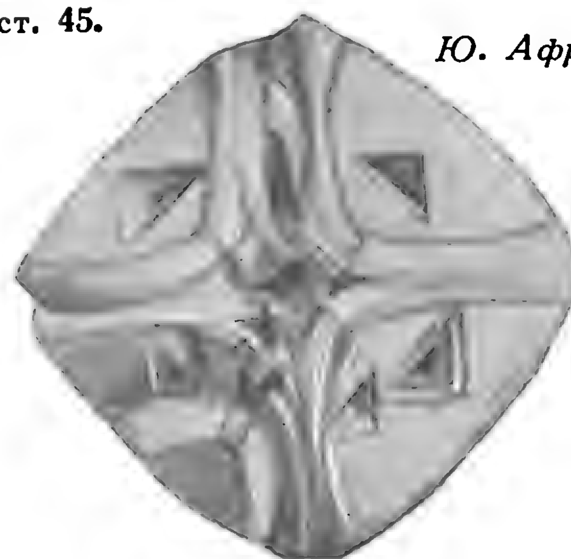
Фиг. 104. Крист. **45.**

Ю.-З. Африка.



Фиг. 105. Крист. **44.**

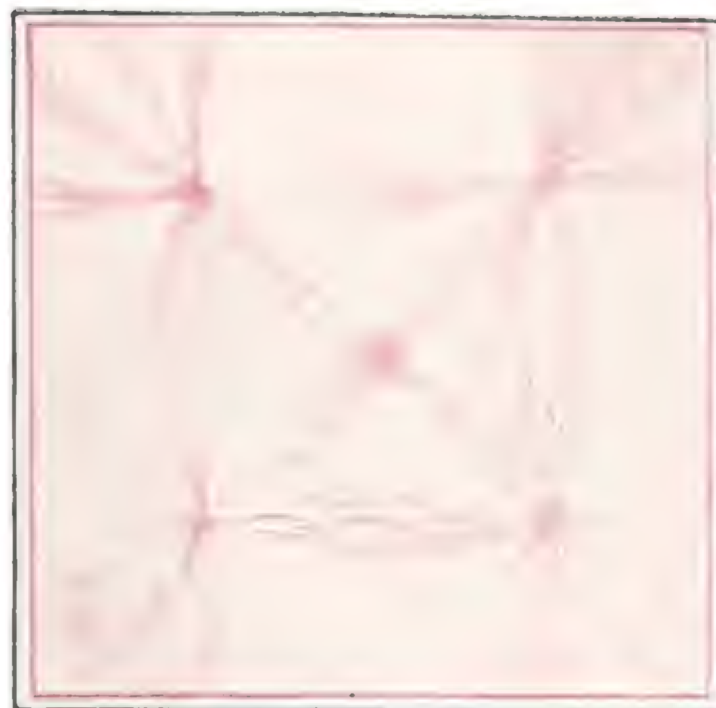
Ю. Африка (?).



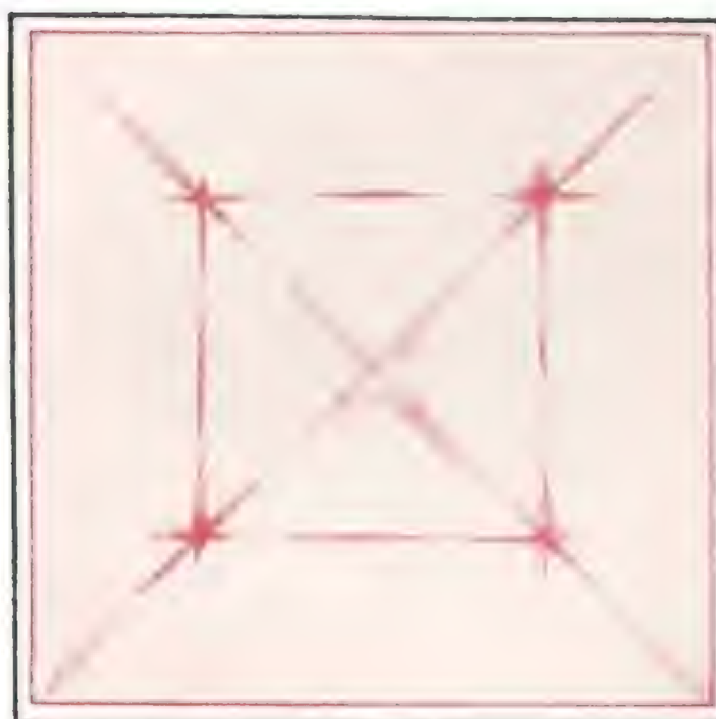
Фиг. 106. Крист. **45.**



Фиг. 107. Крист. 13.



Фиг. 108. Крист. 43.



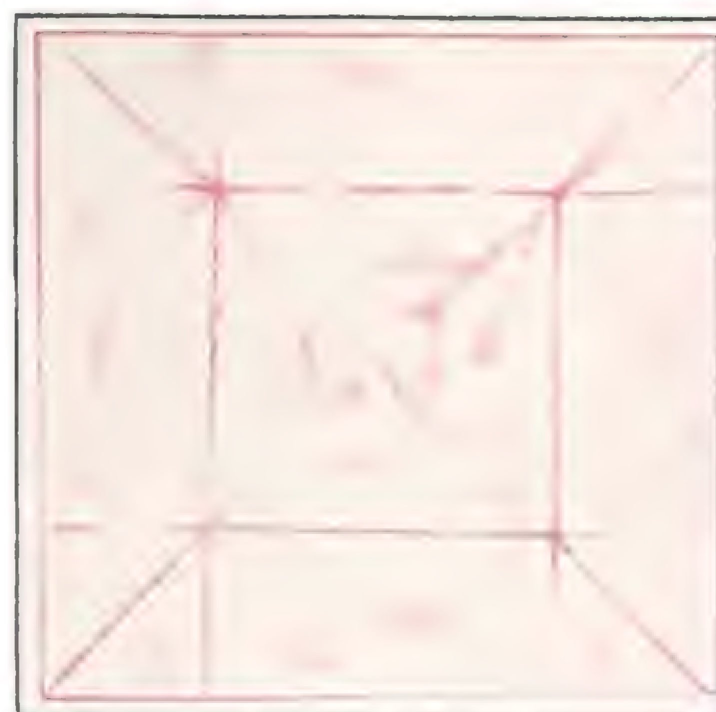
Фиг. 109. Крист. 47.



Фиг. 110. Крист. 48.



Фиг. 111. Крист. 49.



Фиг. 112. Крист. 50.

Бразилия.



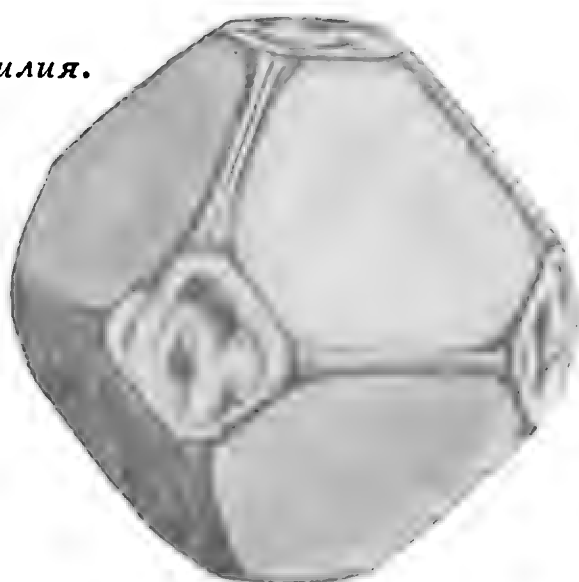
Фиг. 113. **Крист. 13.**

Бразилия.



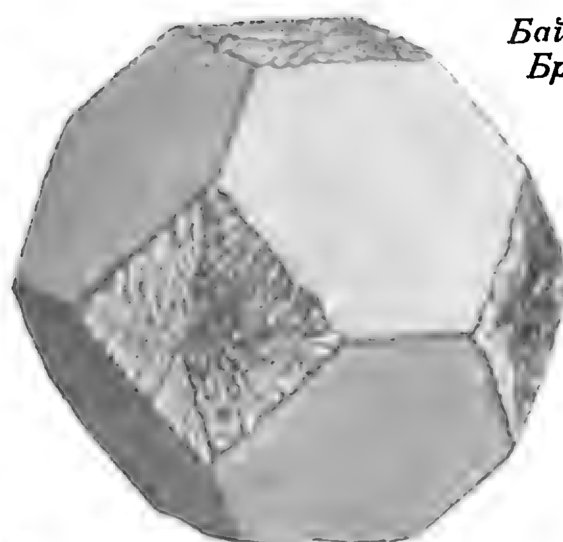
Фиг. 114. **Крист. 46.**

Байя, Бразилия.

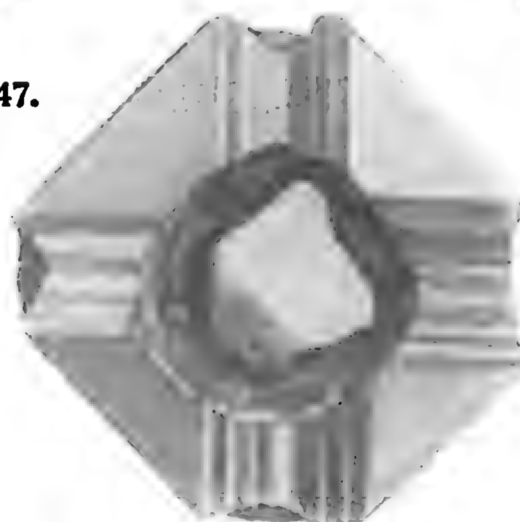


Фиг. 115. **Крист. 47.**

Байя, Бразилия.



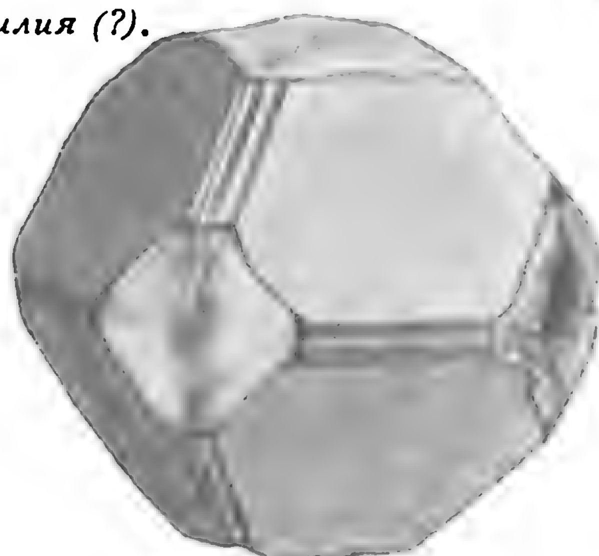
Фиг. 116. **Крист. 48.**



Бразилия (?).

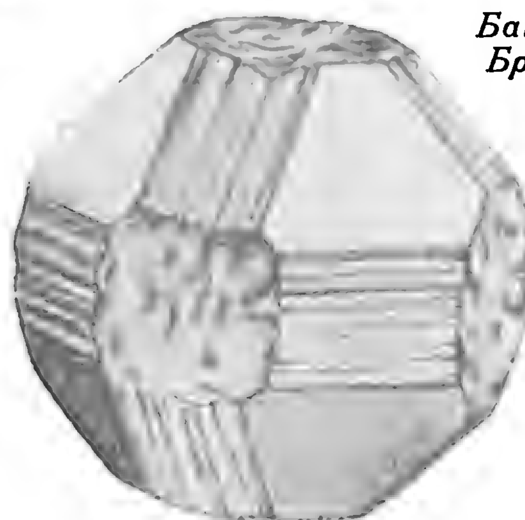
Фиг. 117. **Крист. 49.**

Бразилия (?).



Фиг. 118. **Крист. 49.**

Байя, Бразилия.



Фиг. 119. **Крист. 50.**



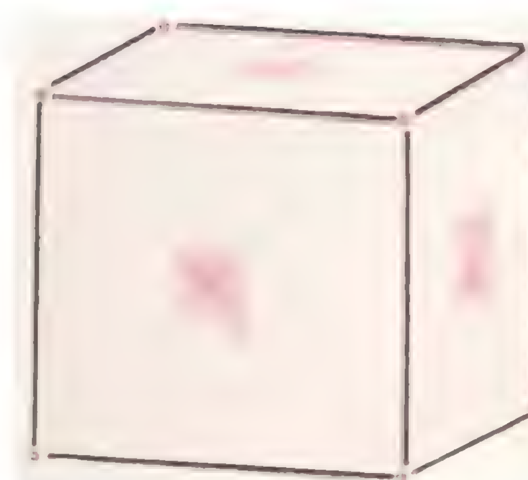
Фиг. 120. Крист. 51.



Фиг. 121. Крист. 15.



Фиг. 122. Крист. 52.



Фиг. 123. Крист. 51.



Фиг. 124. Крист. 55.



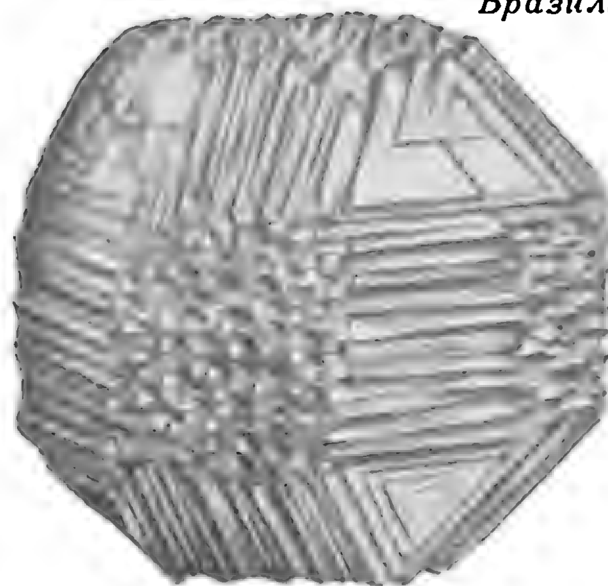
Фиг. 125. Крист. 63.

Бразилия.

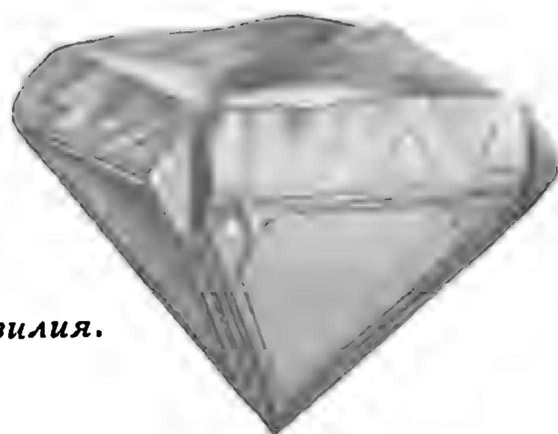


Фиг. 126. Крист. **51.**

Бразилия.



Фиг. 127. Крист. **15.**



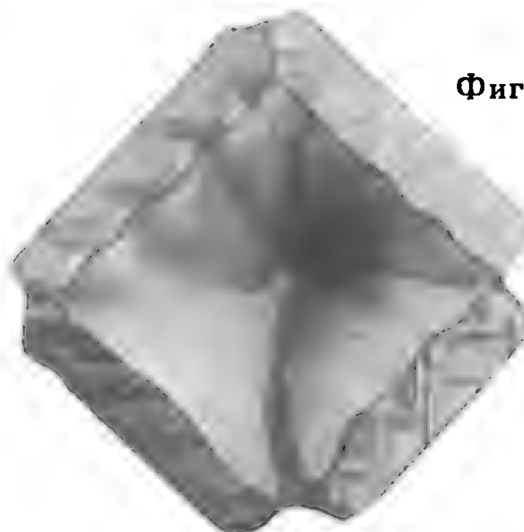
Рио, Бразилия.

Фиг. 128. Крист. **52.**



Байя, Бразилия.

Фиг. 129. Крист. **54.** (А. Лиффа).



Рио, Бразилия.

Фиг. 130. Крист. **52.**

Ю. Африка.



Фиг. 131. Крист. **55.**

Ю. Африка.



Фиг. 132. Крист. **55.**



Фиг. 133. Крист. 56.



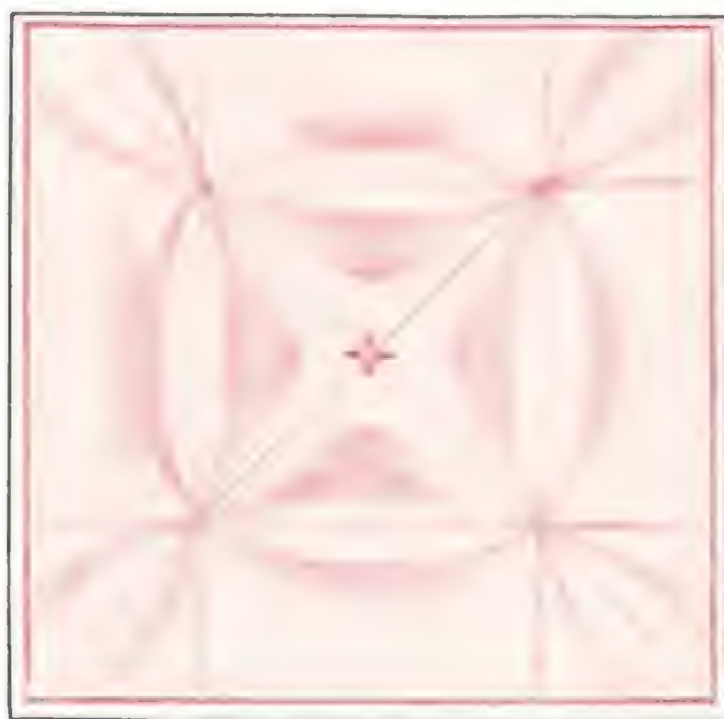
Фиг. 134. Крист. 57.



Фиг. 135. Крист. 58.



Фиг. 136. Крист. 64.



Фиг. 137. Крист. 65.

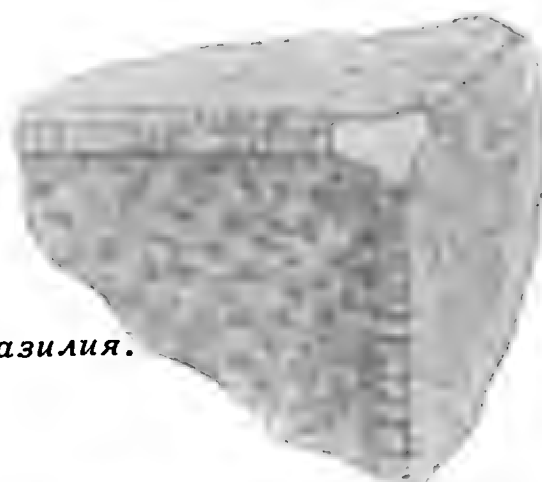


Фиг. 138. Крист. 66.

Бразилия.



Фиг. 139. Крист. **56.**



Бразилия.

Фиг. 140.
Крист. **57.**

Байя,
Бразилия.



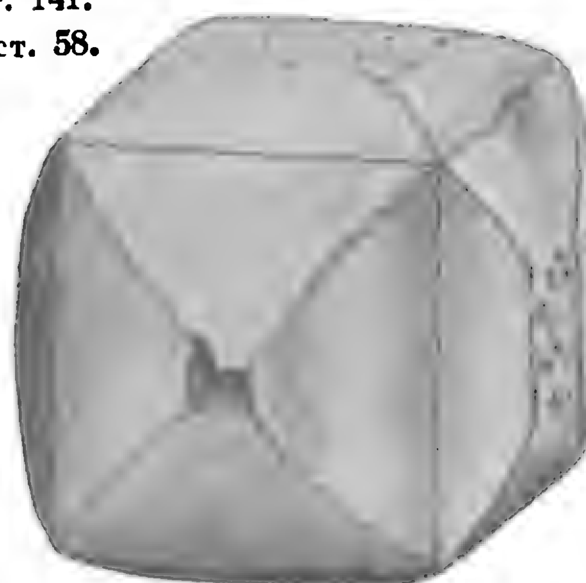
Фиг. 141.
Крист. **58.**

Бразилия.



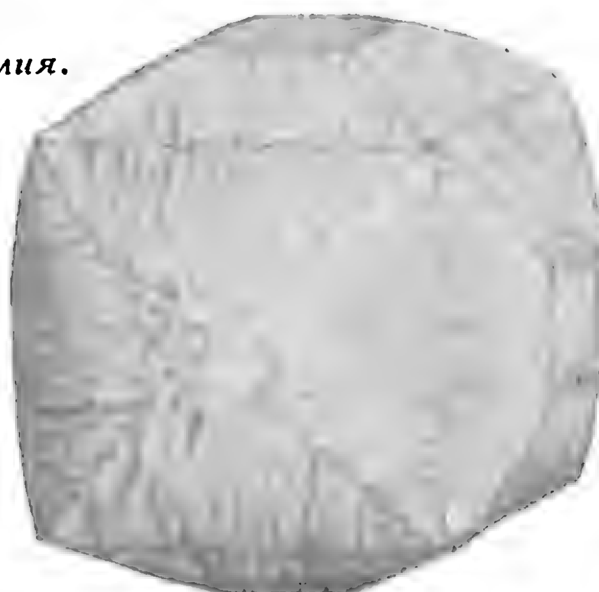
Фиг. 142. Крист. **60.**

Бразилия (?).



Фиг. 143. Крист. **64.**

Байя,
Бразилия.



Фиг. 144. Крист. **65.**

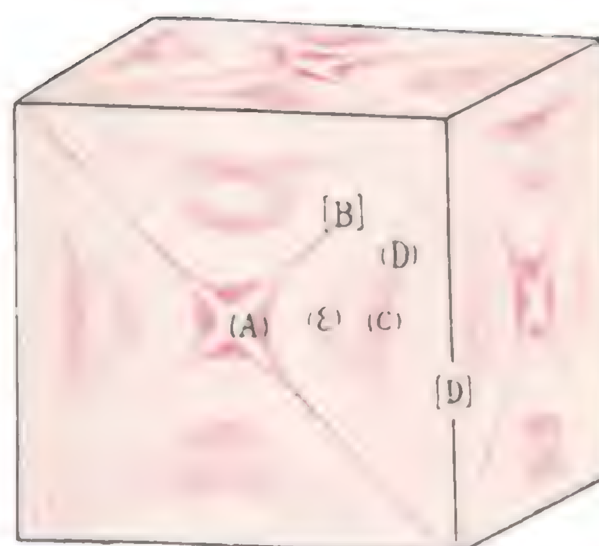
Байя,
Бразилия.



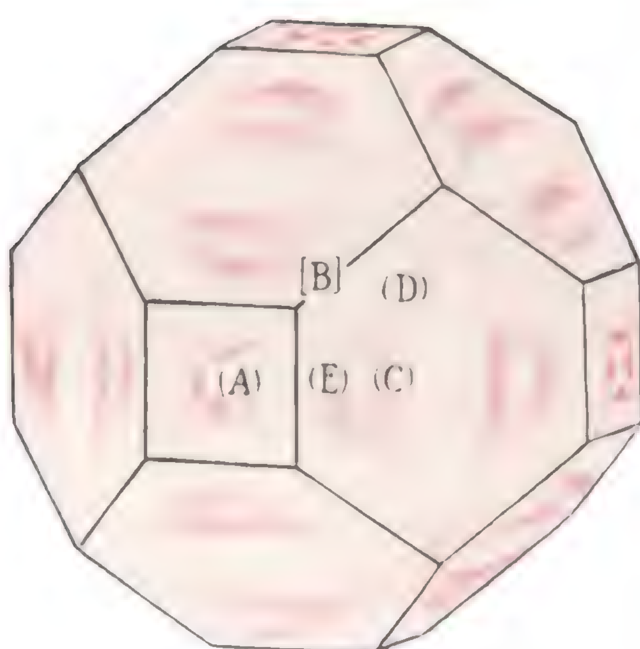
Фиг. 145. Крист. **66.**



Фиг. 146. Крист. 62.



Фиг. 147. Крист. 62.



Фиг. 148. Крист. 62.



Фиг. 149. Крист. 61.



Фиг. 150. Крист. 69.



Фиг. 151. Крист. 71.

Таблица 23.

Бразилия (?).

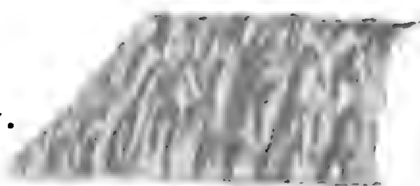


Фиг. 152. Крист. 67.



Байя, Бразилия.

Фиг. 153. Крист. 61.



Байя, Бразилия.

Фиг. 154. Крист. 65.



Байя, Бразилия.

Фиг. 155. Крист. 65.

Бразилия.

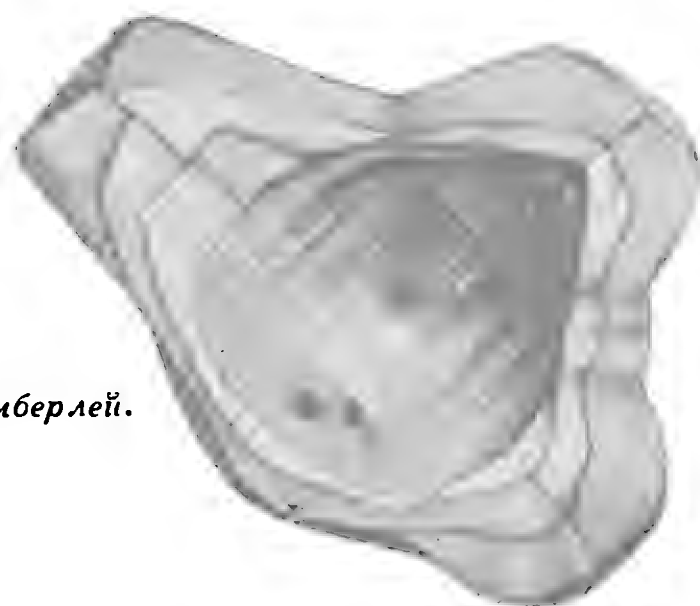


Фиг. 156. Крист. 68.

Бразилия (?)



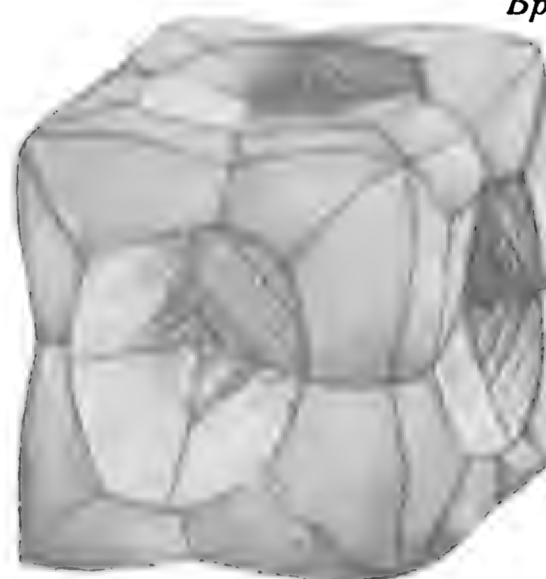
Фиг. 157. Крист. 69.



Кимберлей.

Фиг. 158. Крист. 70.

Бразилия.



Фиг. 159. Крист. 71.



Фиг. 160. Крист. 73.



Фиг. 161. Крист. 74.



Фиг. 162. Крист. 75.



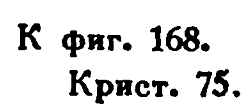
Фиг. 163. Крист. 76.



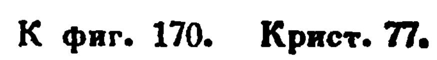
Фиг. 164. Крист. 77.



Фиг. 165. Крист. 78.



К фиг. 168.
Крист. 75.



К фиг. 170. Крист. 77.



К фиг. 172. Крист. 80.

Бразилия.



Фиг. 166. Крист. 73.

Байя, Бразилия.

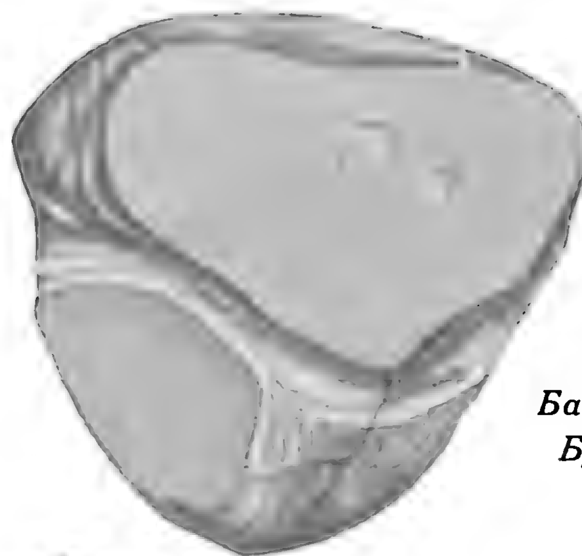


Фиг. 167. Крист. 74.

Байя, Бразилия.

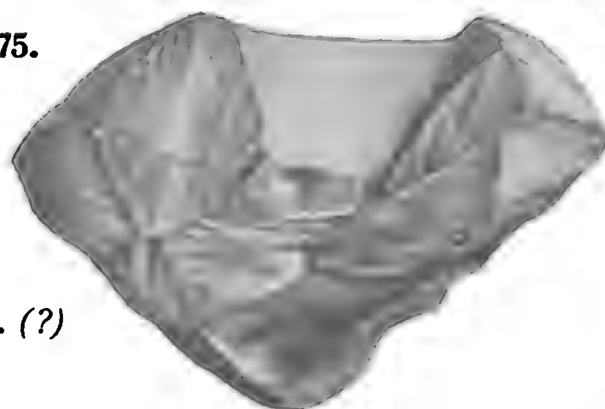


Фиг. 168. Крист. 75.



Байя, Бразилия.

Фиг. 169. Крист. 76.



Ю. Африка. (?)

Фиг. 170. Крист. 77.



Байя, Бразилия.

Фиг. 171. Крист. 78.

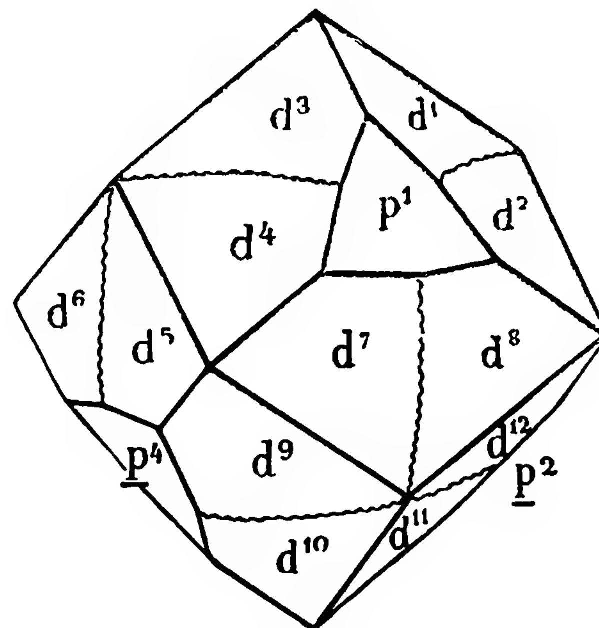


Байя, Бразилия.

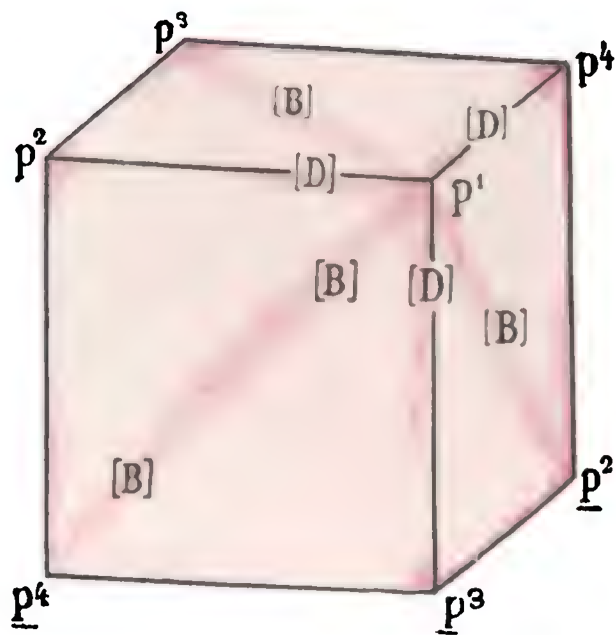
Фиг. 172. Крист. 80.



Фиг. 173. Крист. 74.



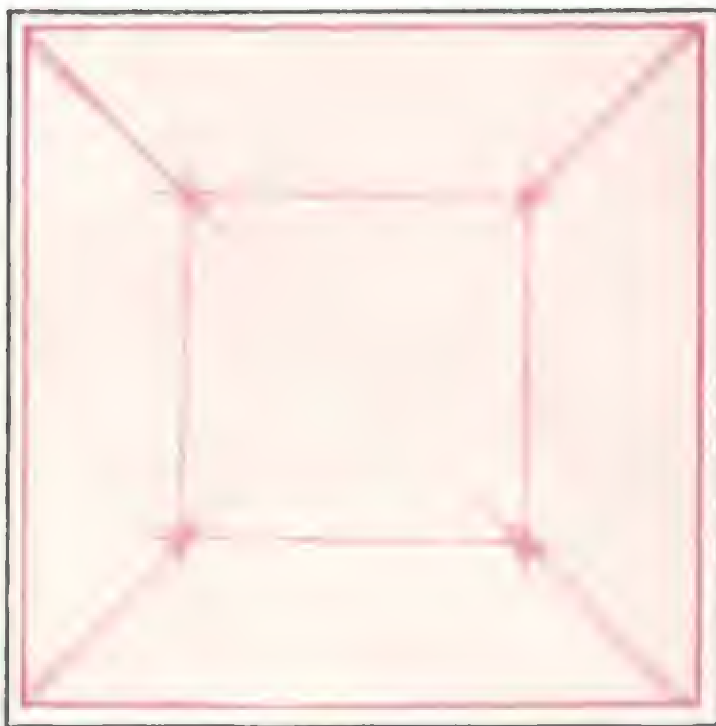
Фиг. 174. Крист. 75.



Фиг. 175. Крист. 78.



Фиг. 176. Крист. 80.



Фиг. 177. Крист. 81.



Фиг. 178. Крист. 79.

Таблица 27.

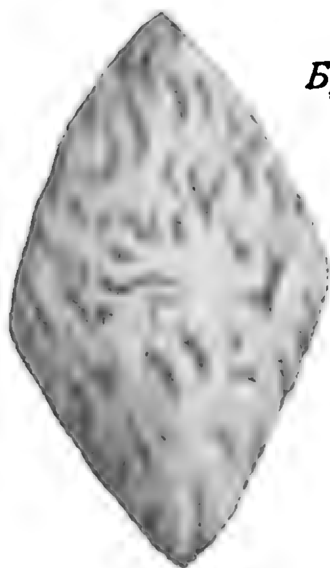


Фиг. 179. Крист. 82.



Байя, Бразилия.

Фиг. 180, Крист. 83.



Фиг. 181. Крист. 83.

Байя, Бразилия.



Фиг. 182. Крист. 84.



Байя, Бразилия.

Фиг. 183. Крист. 85.

Байя, Бразилия.

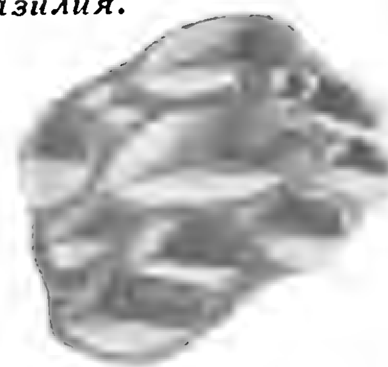


Фиг. 184. Крист. 84.



Фиг. 185. Крист. 86.

Бразилия.



Фиг. 186. Крист. 86.

Бразилия.



Фиг. 187. Крист. 86.

Бразилия.



Фиг. 188. Крист. 86.



Фиг. 189. Крист. 83.



Фиг. 190. Крист. 86.



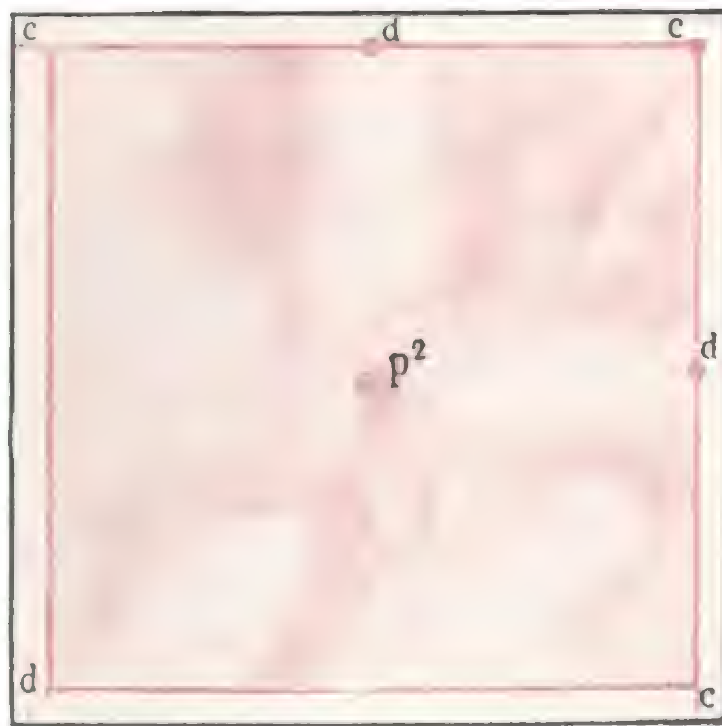
Фиг. 191. Крист. 91.



Фиг. 192. Крист. 91.



Фиг. 193. Крист. 92.



Фиг. 194. Крист. 100.

Таблица 29.

Бразилия.



Фиг. 195. Крист. 87.



Бразилия.

Фиг. 196. Крист. 88.

Бразилия.



Фиг. 197. Крист. 89.



Ю. Африка.

Фиг. 198. Крист. 90.

Ю. Африка.



Фиг. 199. Крист. 90.

Байя, Бразилия.



Фиг. 200. Крист. 91.

Ю. Африка.



Фиг. 201. Крист. 92.

Байя, Бразилия.

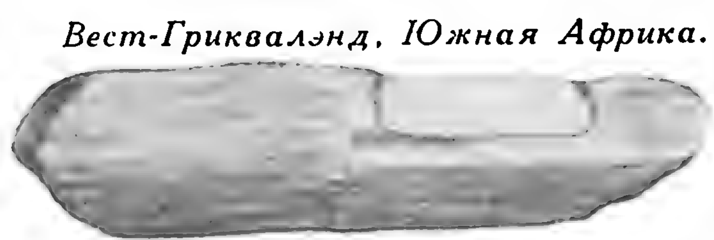


Фиг. 202. Крист. 106.



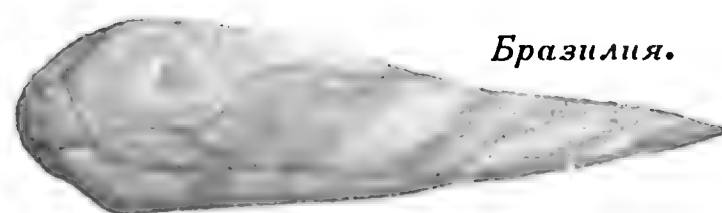
Фиг. 203. Крист. **93.**

Вест-Гриквалэнд, Южная Африка.



Фиг. 204. Крист. **96.**

Бразилия.



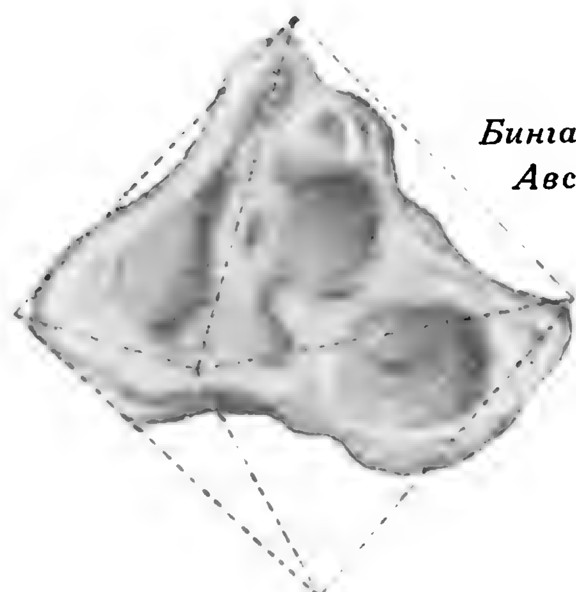
Фиг. 206. Крист. **97.**

Бразилия



Фиг. 205. Крист. **94.**

Бингара, Австралия.



Фиг. 209. Крист. **100.**

Ю.-З. Африка.



Фиг. 207. Крист. **95.**

Ю. Африка.



Байя, Бразилия.

Фиг. 208. Крист. **99.**



Фиг. 210. Крист. **106.**



Фиг. 211. Крист. **99.**



Фиг. 212. Крист. **106.**

Байя, Бразилия.



Фиг. 213. Крист. **106.**



Фиг. 214. Крист. **104.**

Фиг. 215. Крист. **106.**

Байя, Бразилия.



Фиг. 216. Крист. **106.**

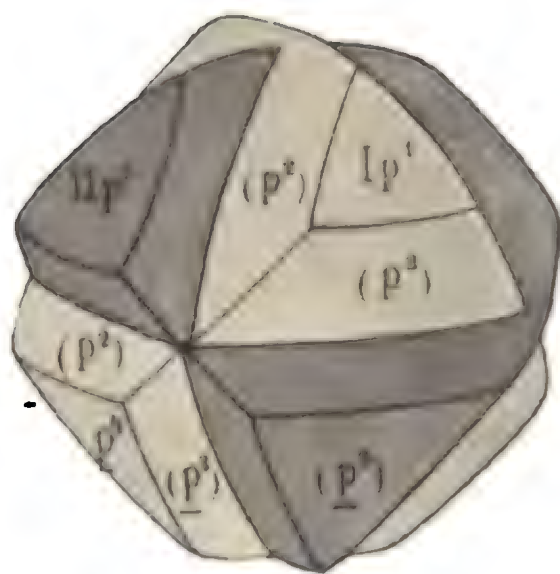
Ю. Африка.



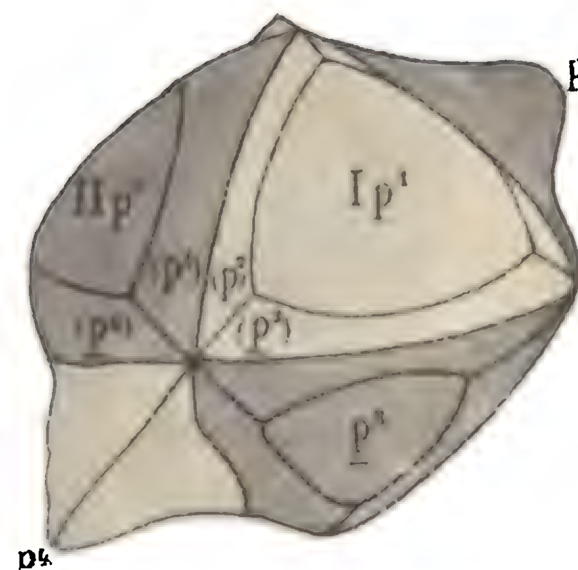
Фиг. 217. Крист. **107.**


К фиг. 218. Крист. 102.

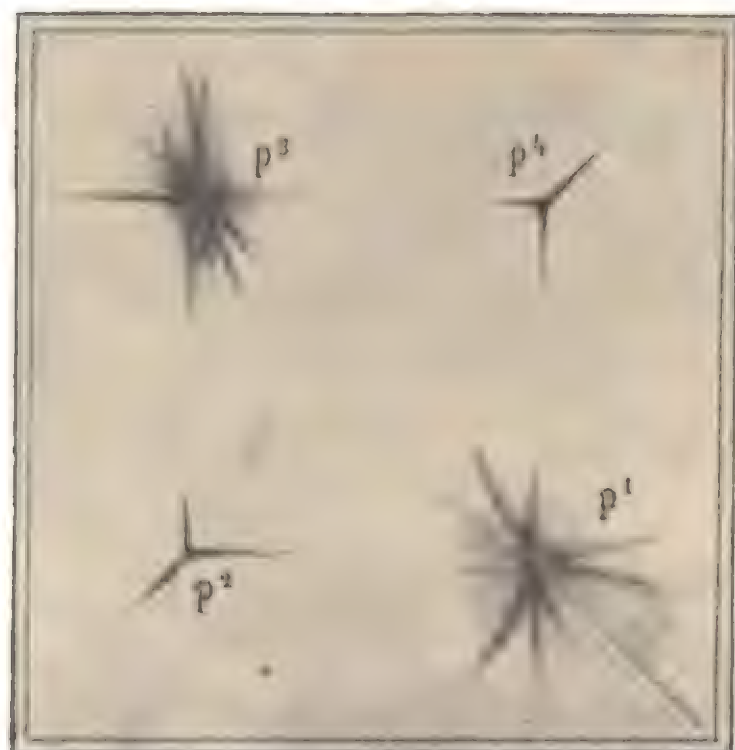

К фиг. 219. Крист. 101.



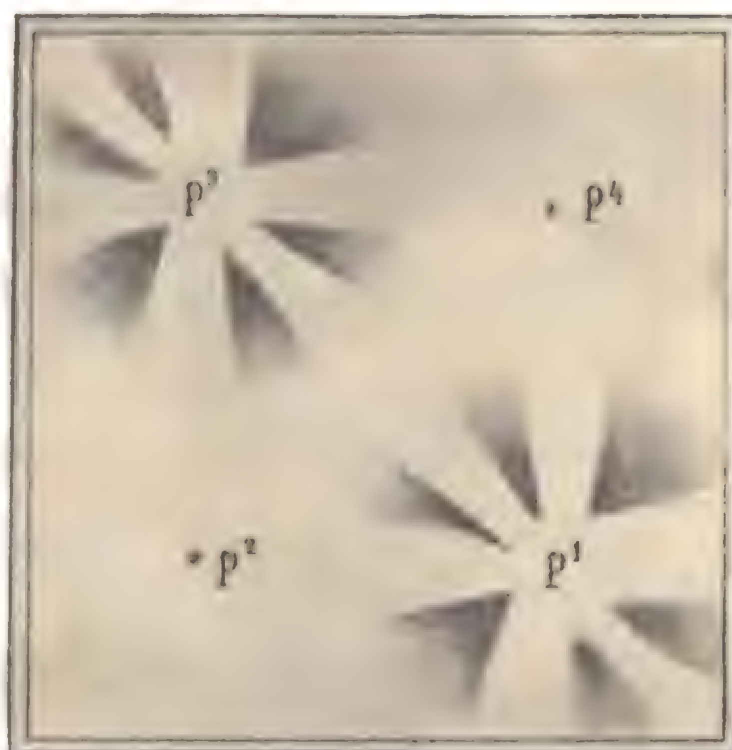
К фиг. 221. Крист. 103.



К фиг. 222. Крист. 104.



К фиг. 223. Крист. 103.



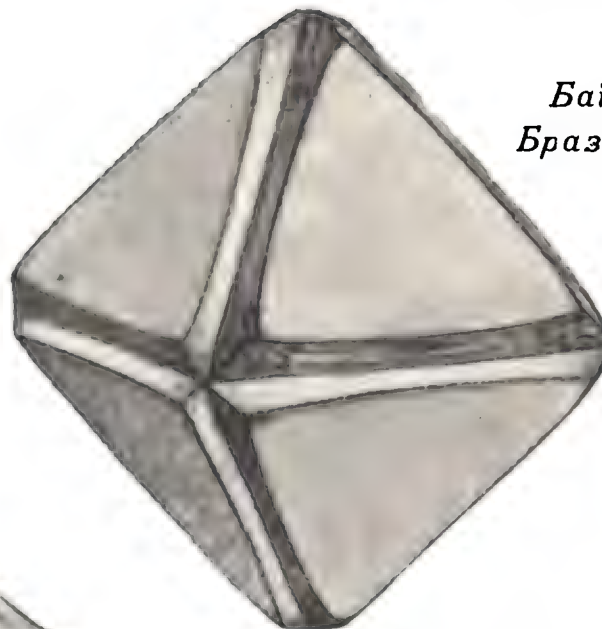
К фиг. 224. Крист. 104.

Байя, Бразилия.



Фиг. 218. Крист. **102.**

Байя, Бразилия.



Фиг. 219. Крист. **101.**



Бразилия.

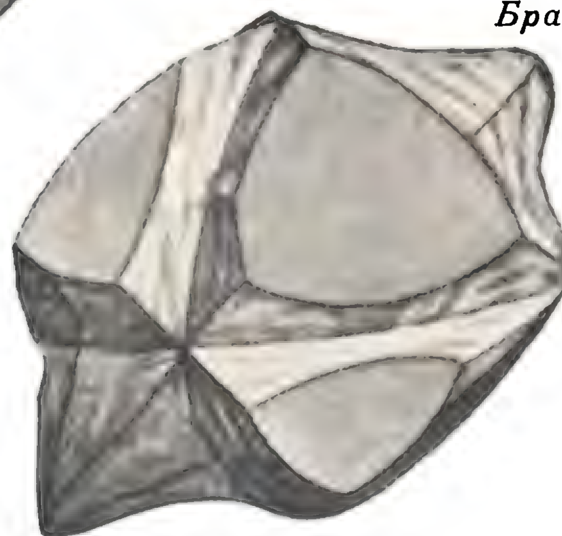
Фиг. 220. Крист. **105.**

Диамантина, Бразилия.



Фиг. 221. Крист. **103.**

Байя, Бразилия.



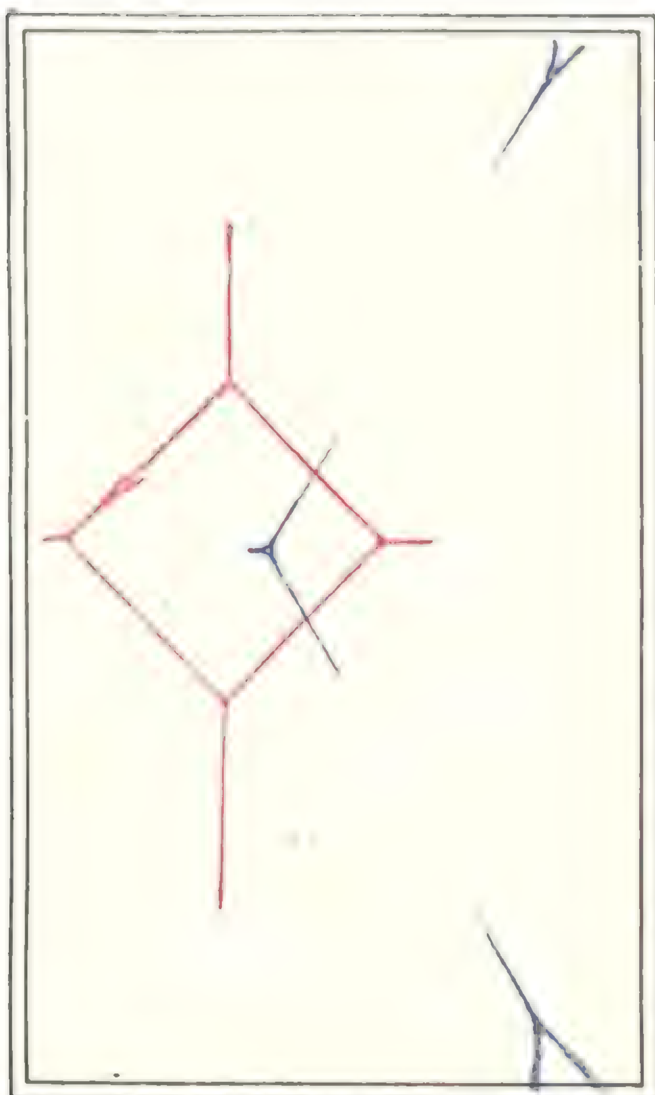
Фиг. 222. Крист. **104.**



Фиг. 223. Крист. **103.**

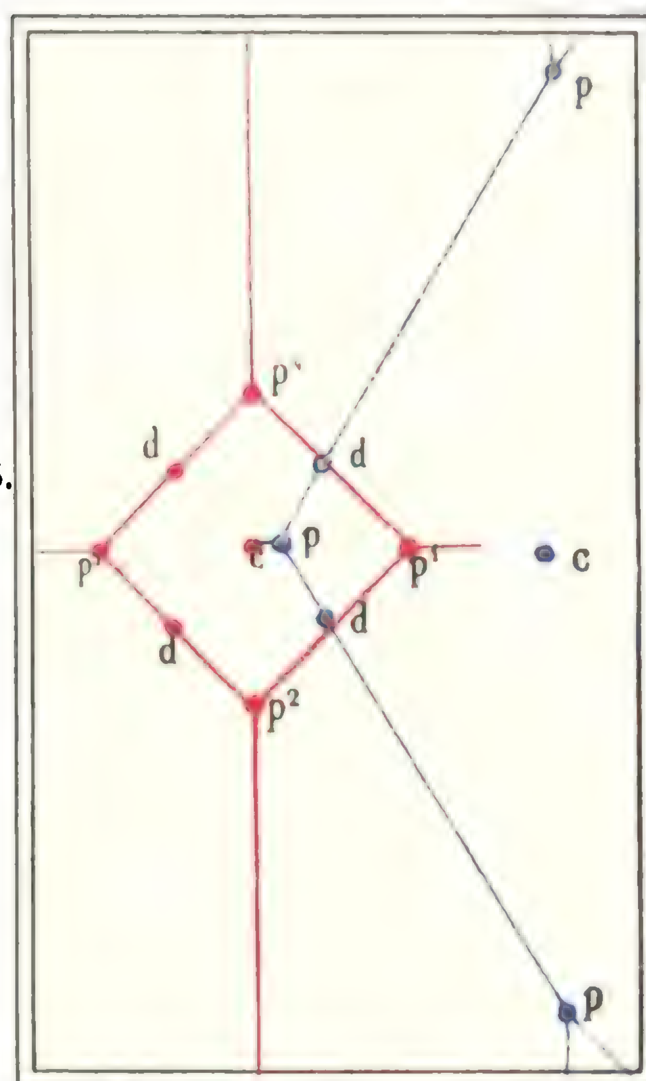


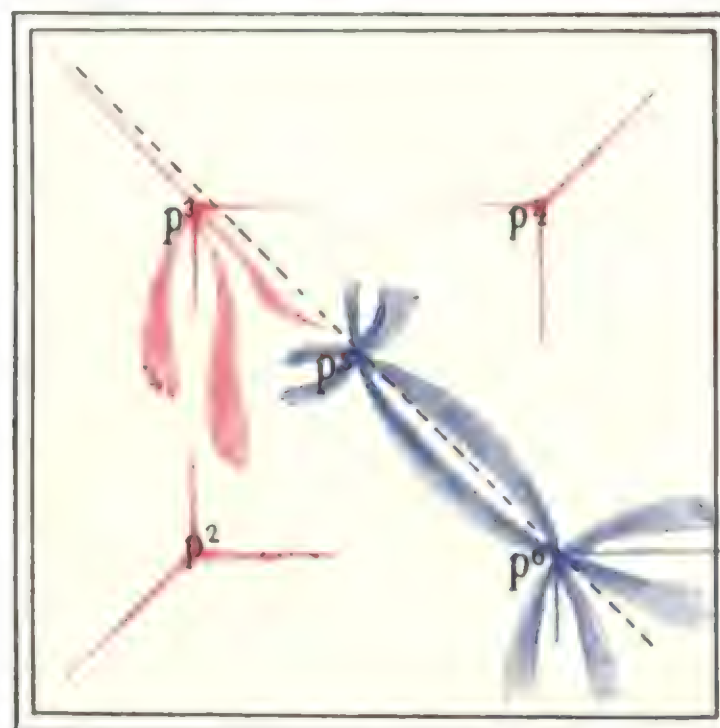
Фиг. 224. Крист. **104.**



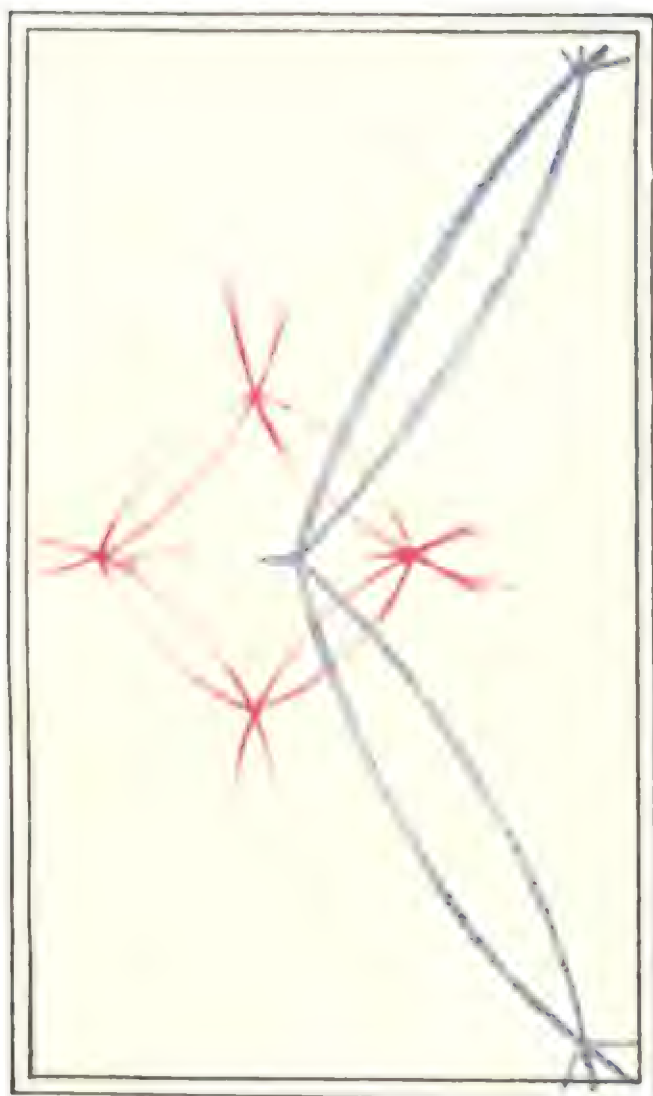
Фиг. 225. Крист. 109.

Фиг. 226. Крист. 109.

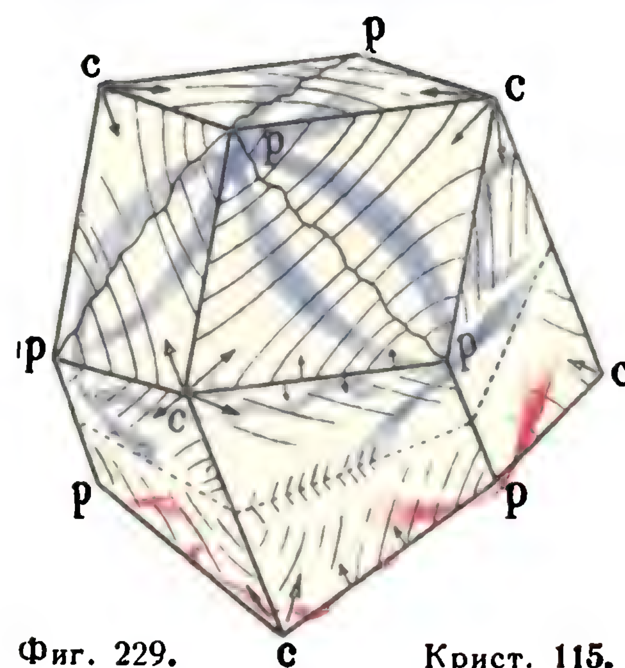




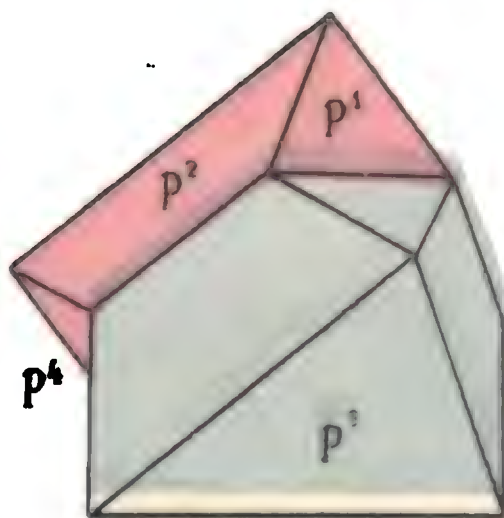
Фиг. 228. Крист. 111.



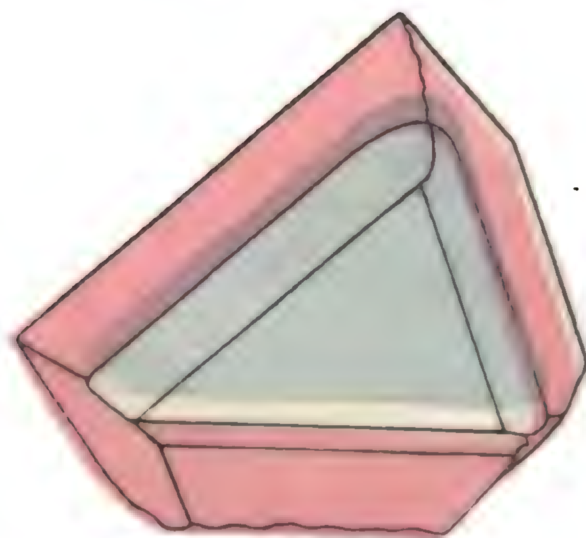
Фиг. 227. Крист. 110.



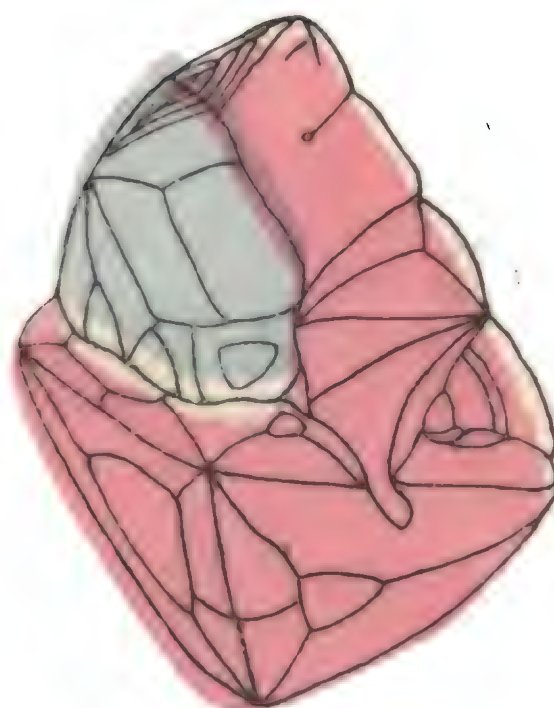
Фиг. 229. Крист. 115.



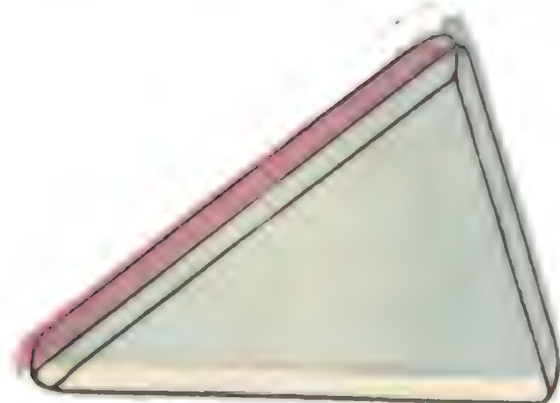
К фиг. 230. Крист. 108.



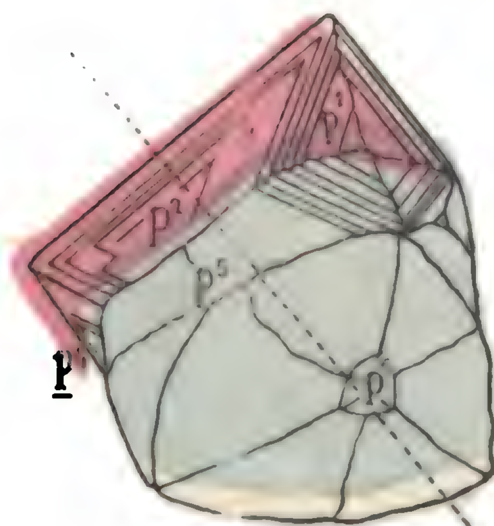
К фиг. 232. Крист. 109.



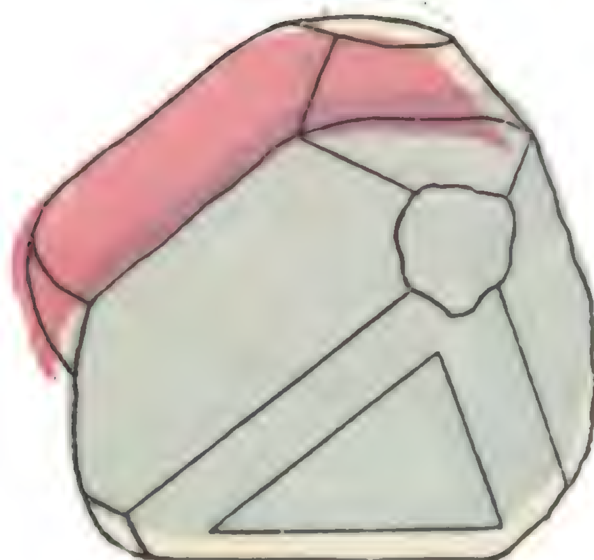
К фиг. 234. Крист. 110.



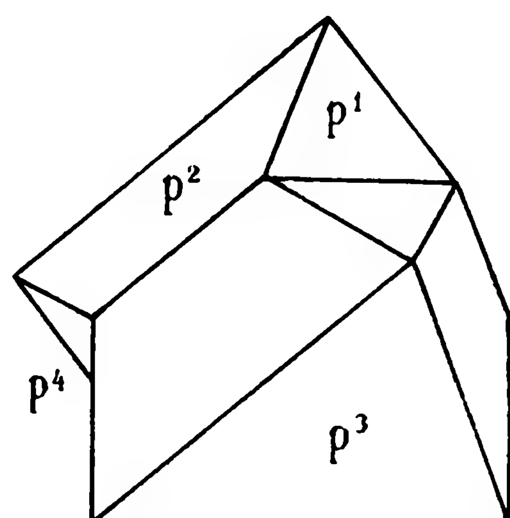
К фиг. 233. Крист. 112.



К фиг. 235. Крист. 111.



К фиг. 236. Крист. 113.



Фиг. 230. Крист. **108.**



Кимберлей.

Фиг. 231. Крист. **108.**
(Л. Хохлов).

Байя,
Бразилия.



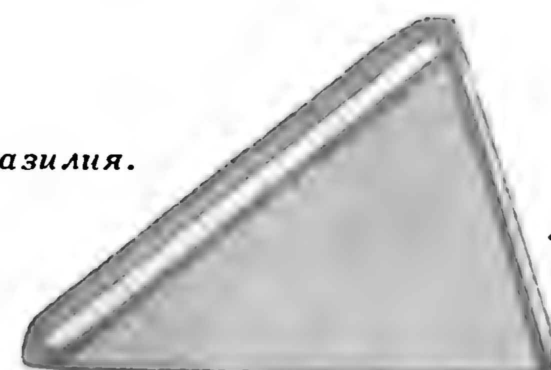
Фиг. 232. Крист. **109.**

Байя,
Бразилия.



Фиг. 234. Крист. **110.**

Бразилия.



Фиг. 233. Крист. **112.**

Байя,
Бразилия.

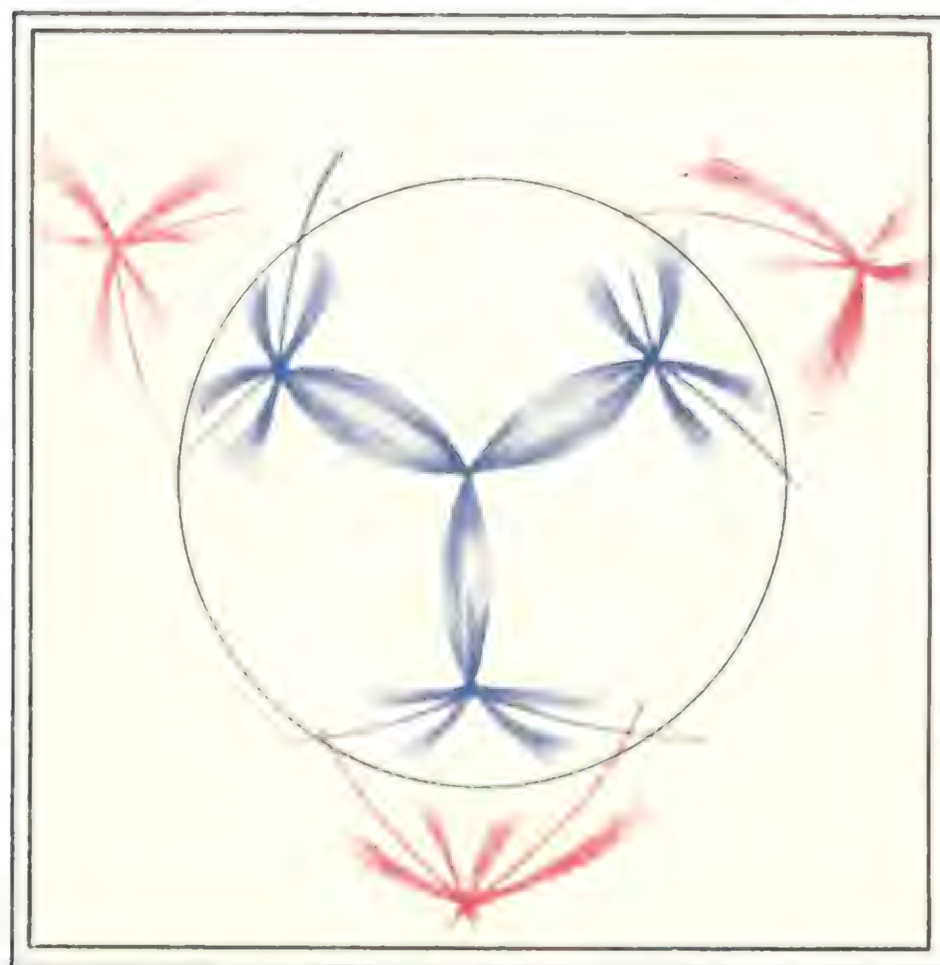


Фиг. 235. Крист. **111.**

Бразилия.



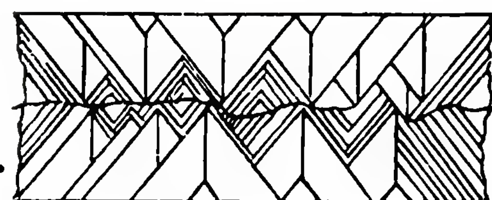
Фиг. 236. Крист. **113.**



Фиг. 237. **Крист. 114.**



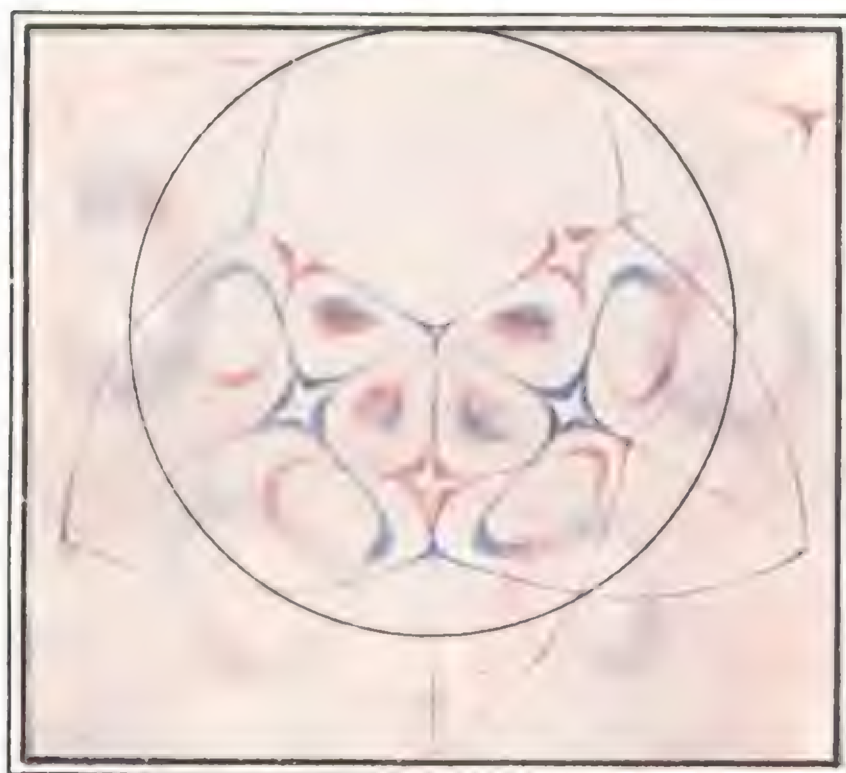
Фиг. 238.
Крист. 115.



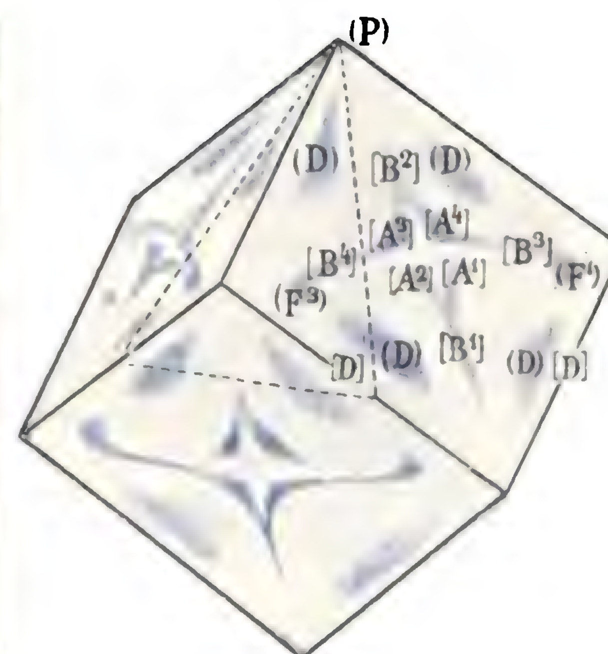
Фиг. 239. **Крист. 118 и 119.**



Фиг. 240. **Крист. 118 и 119.**



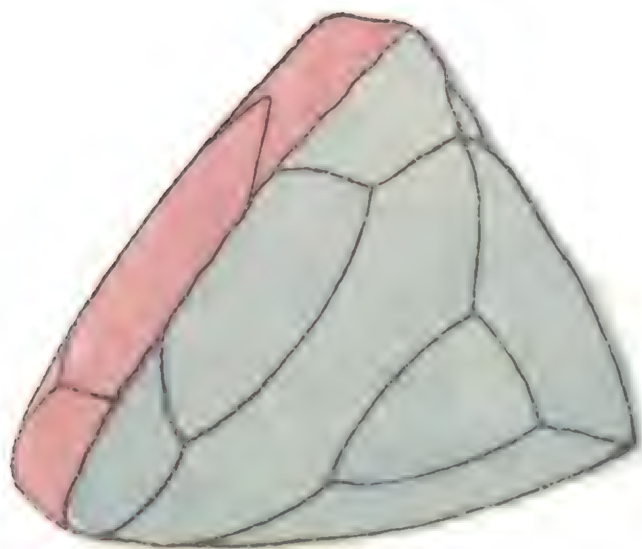
Фиг. 241. **Крист. 118.**



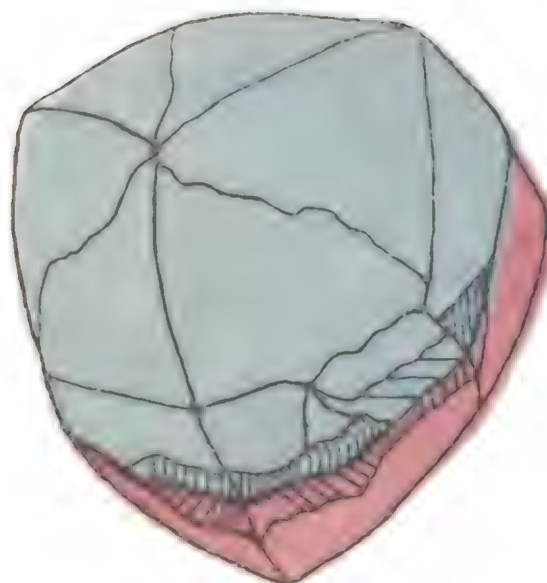
Фиг. 242. **Крист. 118 и 119.**



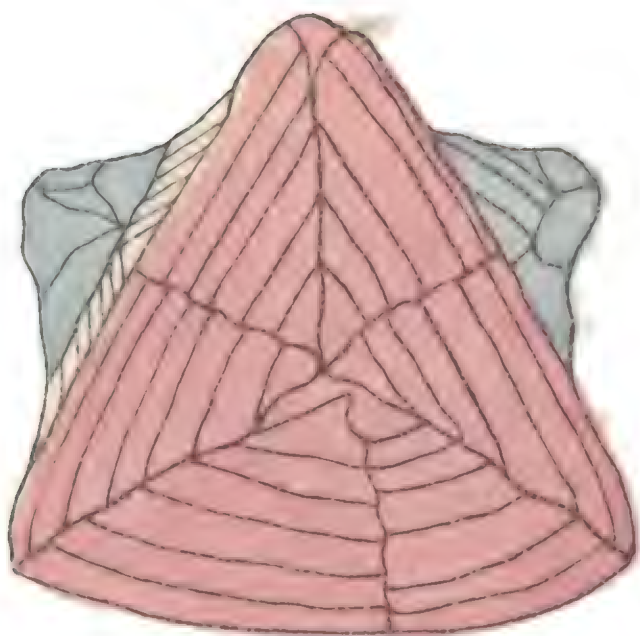




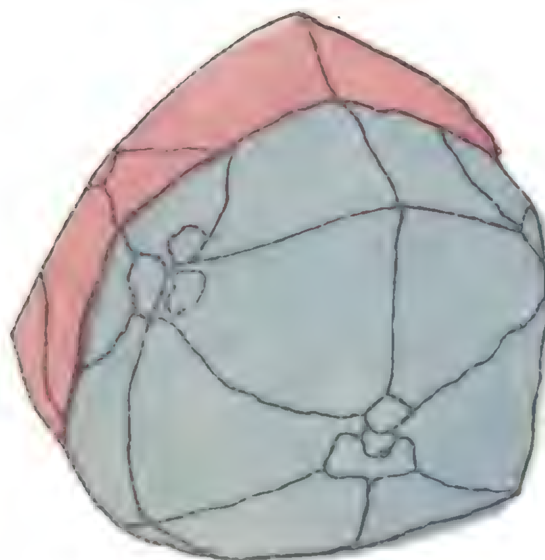
К фиг. 243. **Крист. 114.**



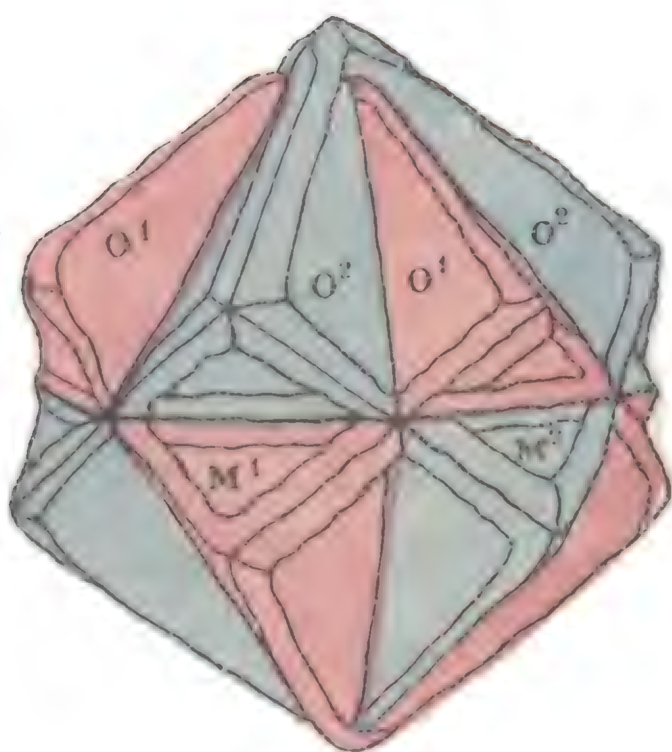
К фиг. 244. **Крист. 115.**



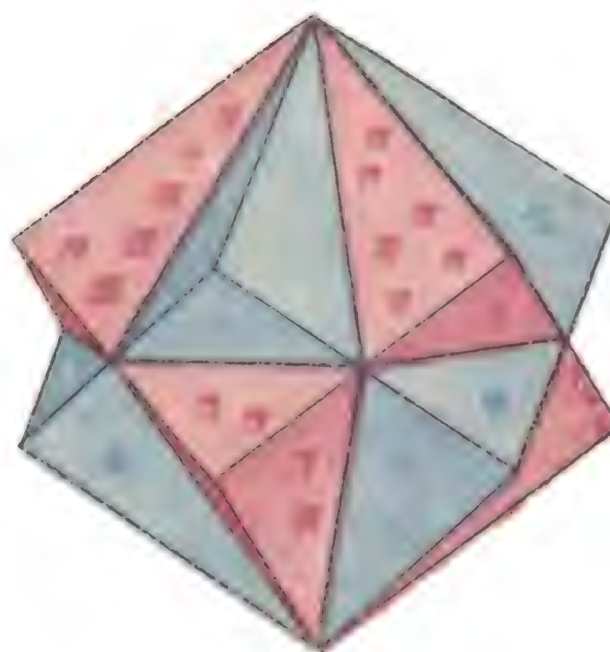
К фиг. 245. **Крист. 116.**



К фиг. 246. **Крист. 117.**



К фиг. 247. **Крист. 118.**



К фиг. 248. **Крист. 118 и 119.**

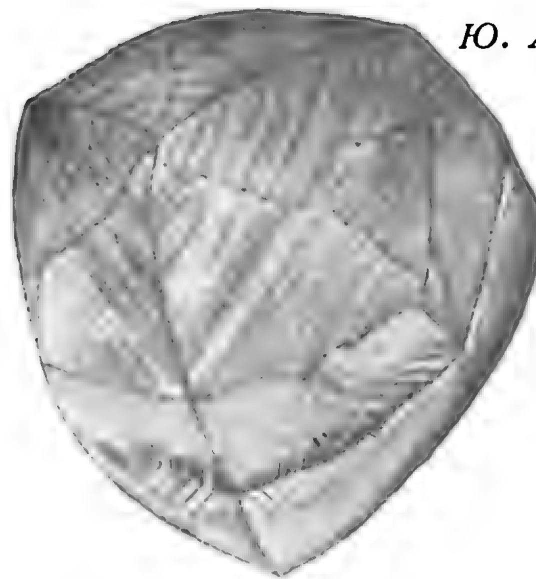


Ю. Африка.

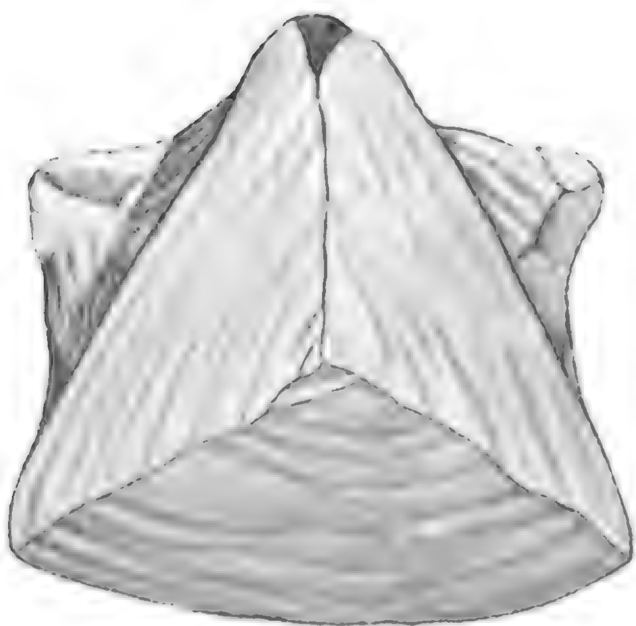


Фиг. 243. Крист. **114.**

Ю. Африка.

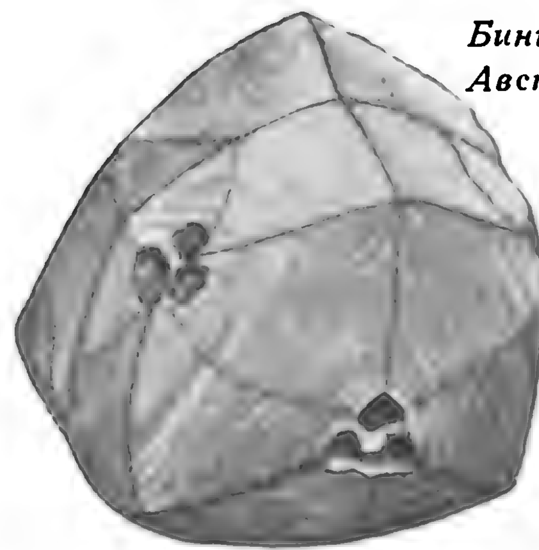


Фиг. 244. Крист. **115.**



Фиг. 245. Крист. **116.**

Бингара, Австралия.

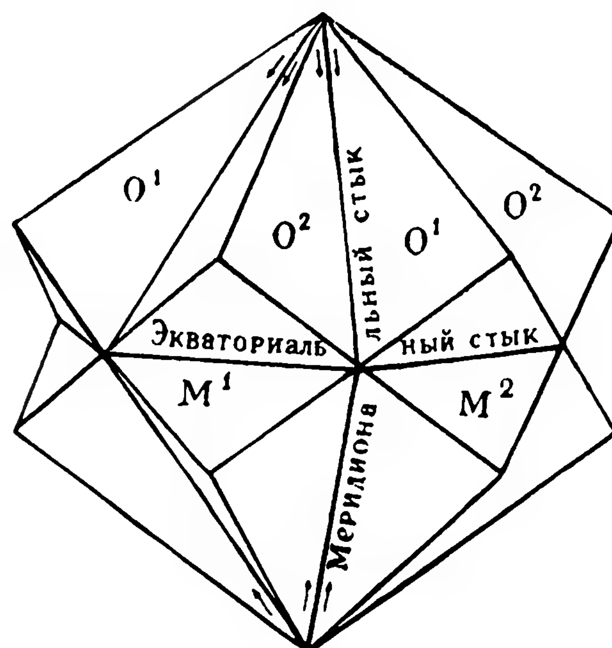


Фиг. 246. Крист. **117.**

Байя, Бразилия.



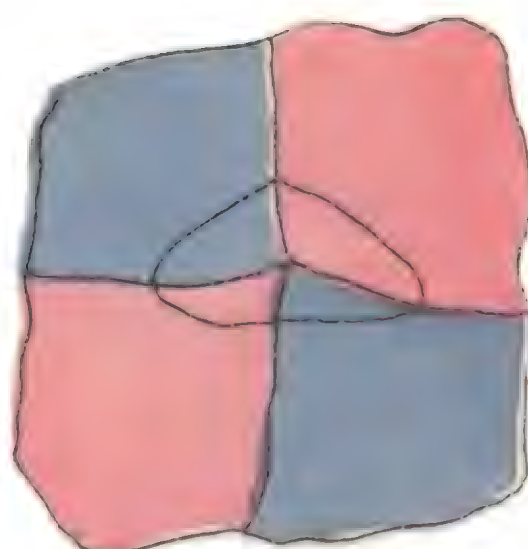
Фиг. 247. Крист. **118.**



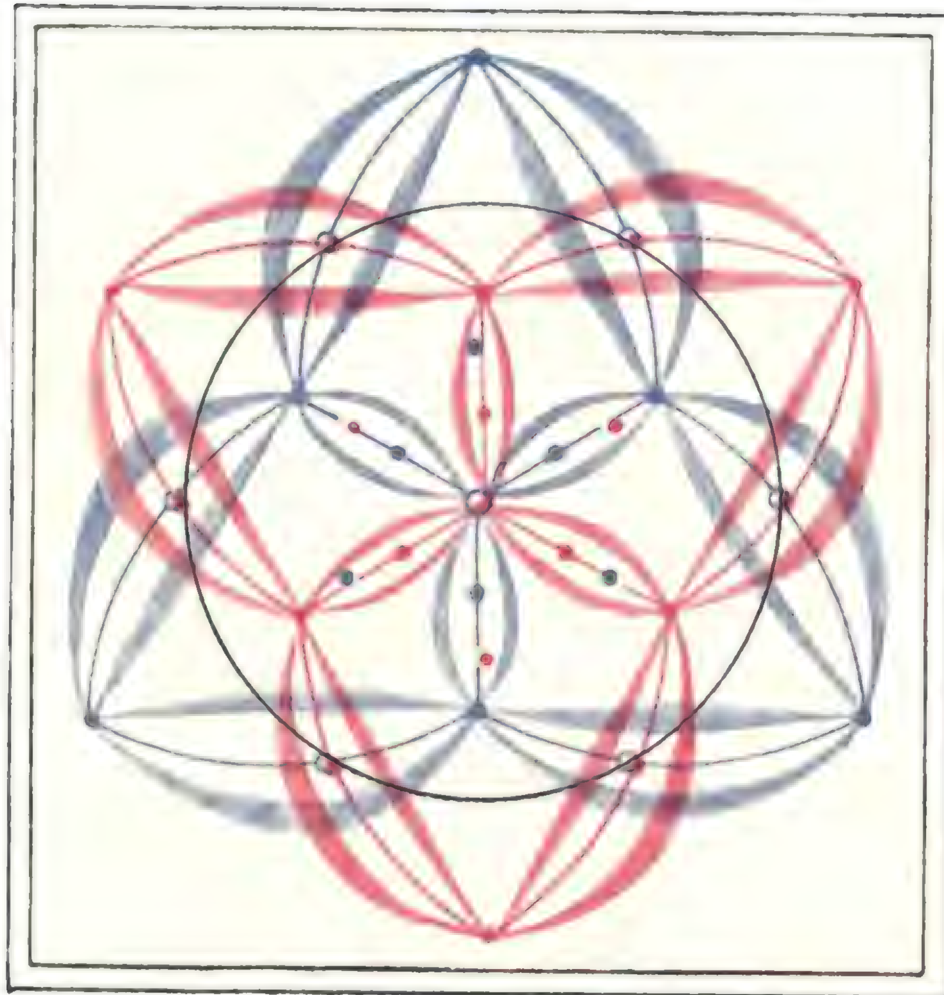
Фиг. 248. Крист. **118 и 119.**



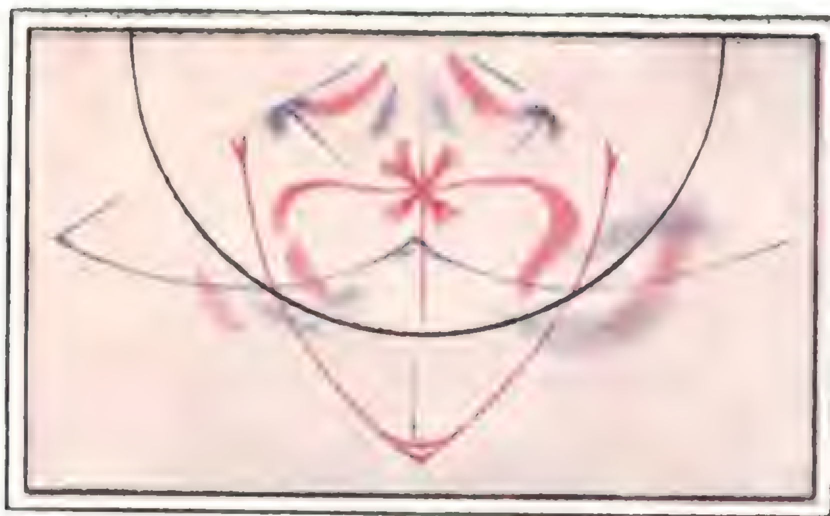
К фиг. 249 Крист. 118.



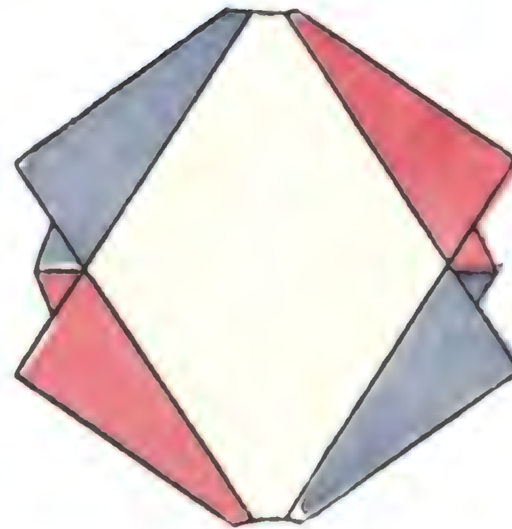
К фиг. 253. Крист. 121.



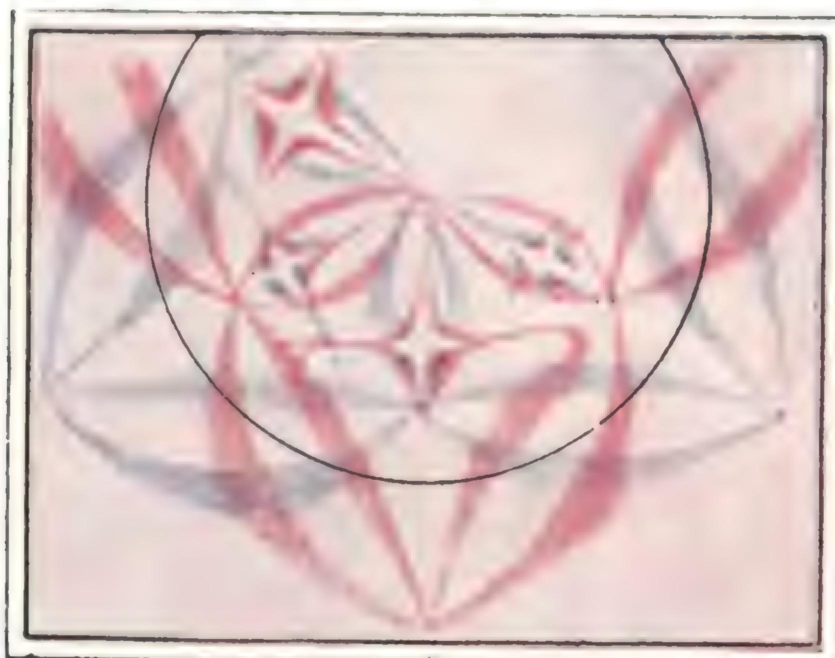
Фиг. 249. Крист. 118.



Фиг. 250. Крист. 119.



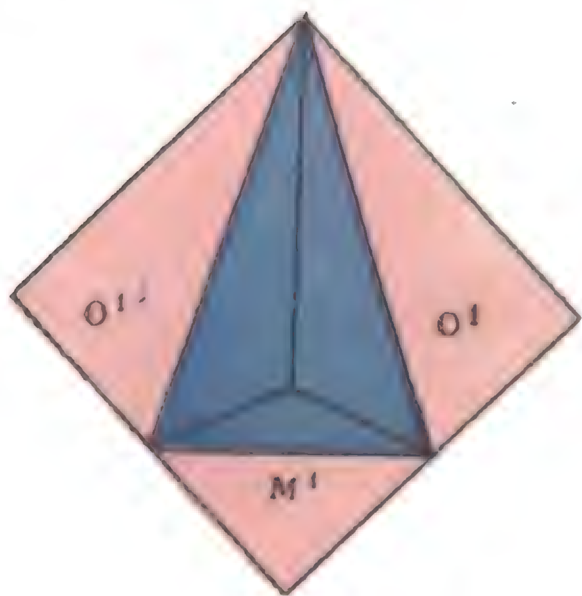
Фиг. 251. Крист. 118 и 119.



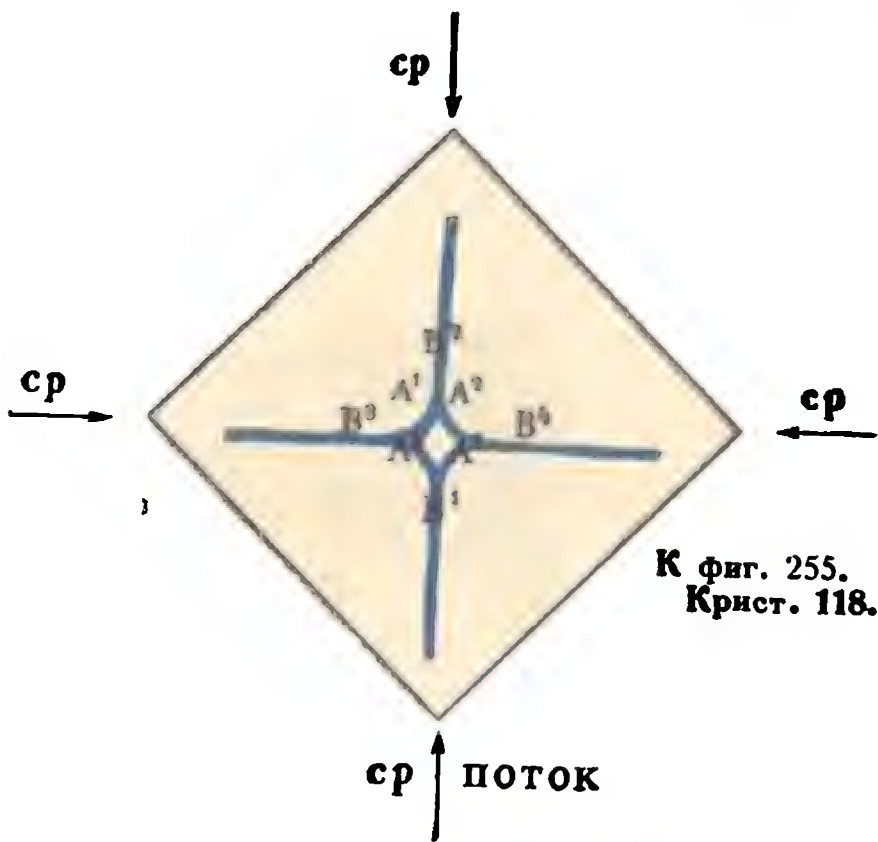
Фиг. 252. Крист. 120.



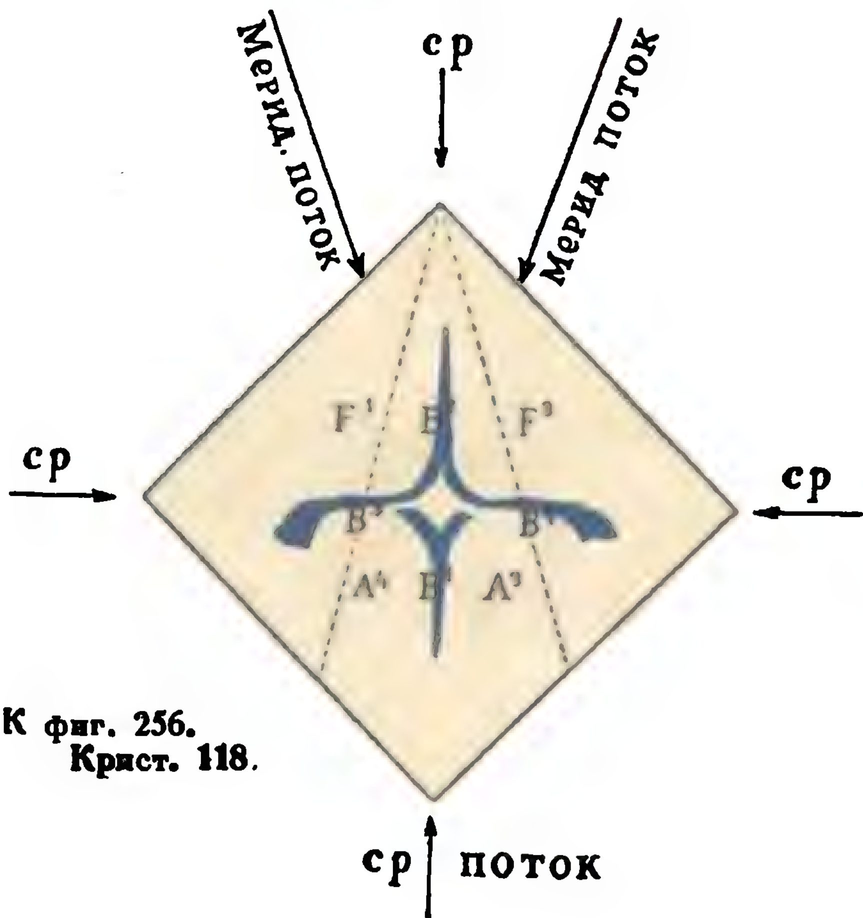
Фиг. 253. Крист. 121.



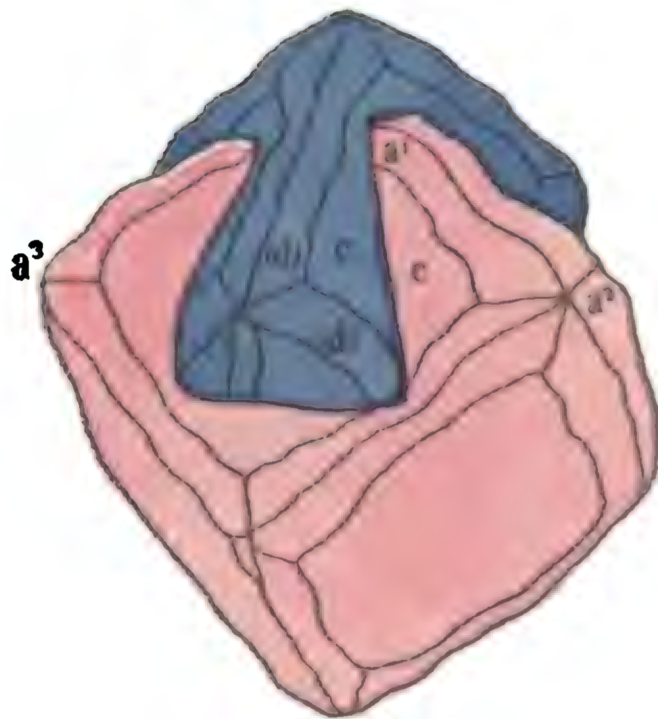
К фиг. 254. Крист. 118.



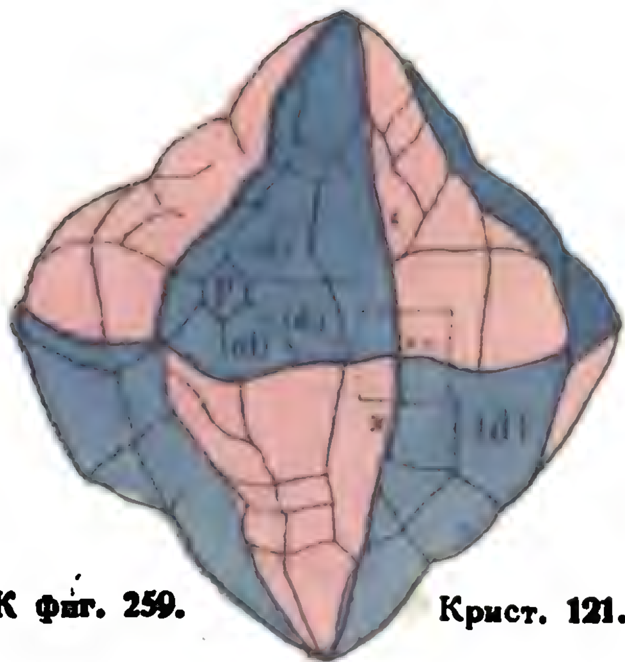
К фиг. 255. Крист. 118.



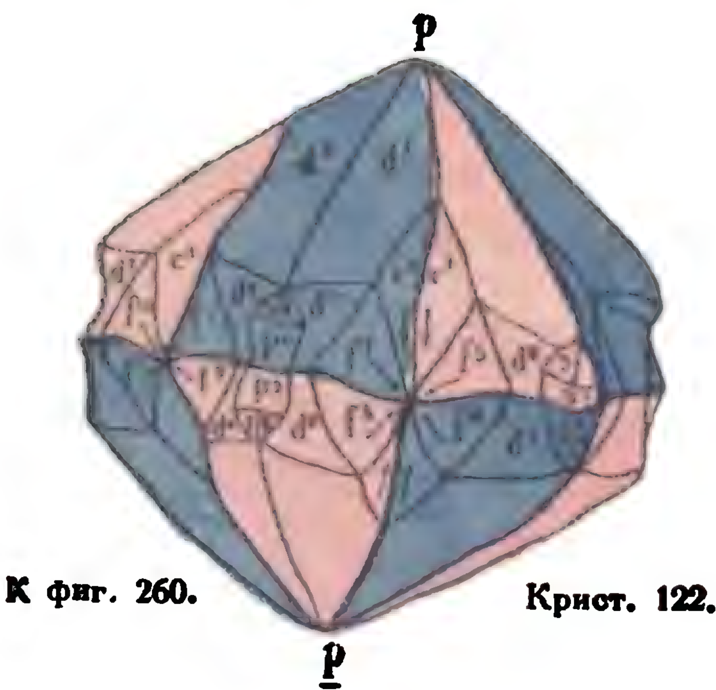
К фиг. 256. Крист. 118.



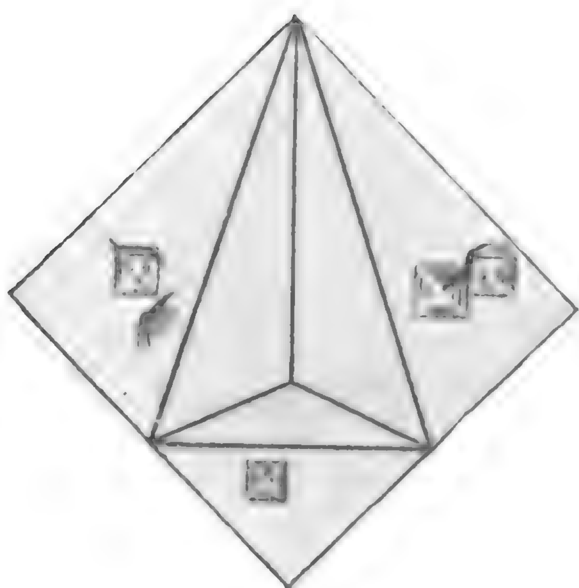
К фиг 257. Крист. 120.



К фиг. 259. Крист. 121.



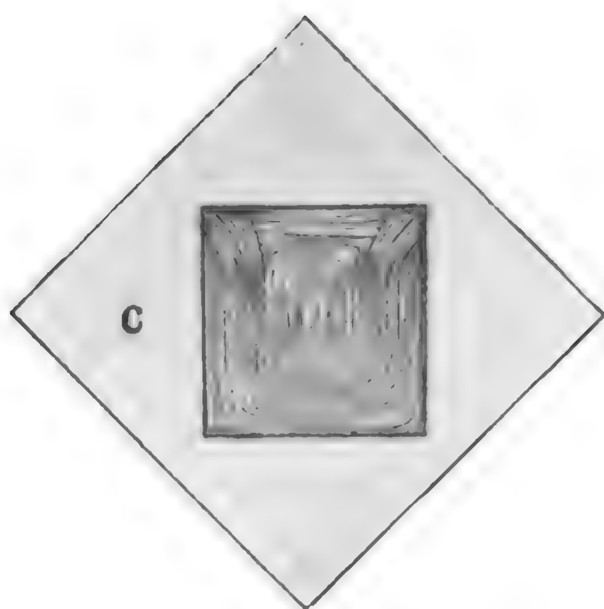
К фиг. 260. Крист. 122.



Фиг. 254. Крист. **118** и **119.**



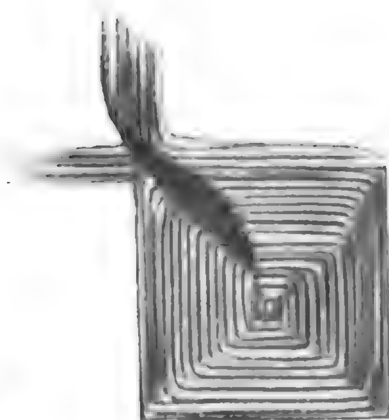
Фиг. 255. Крист. **118** и **119.**



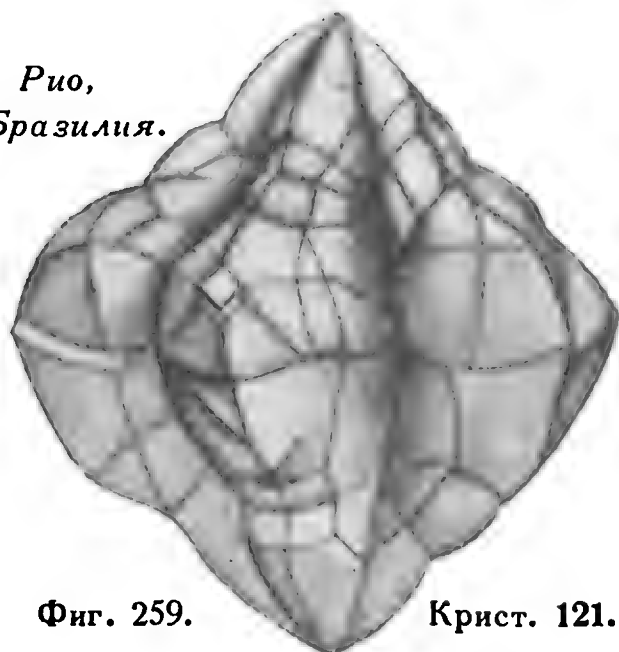
Фиг. 256. Крист. **118** и **119.**



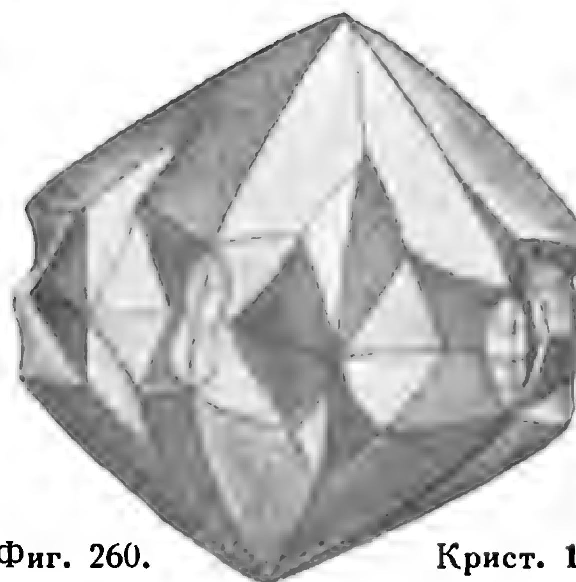
Фиг. 257. Крист. **120.**



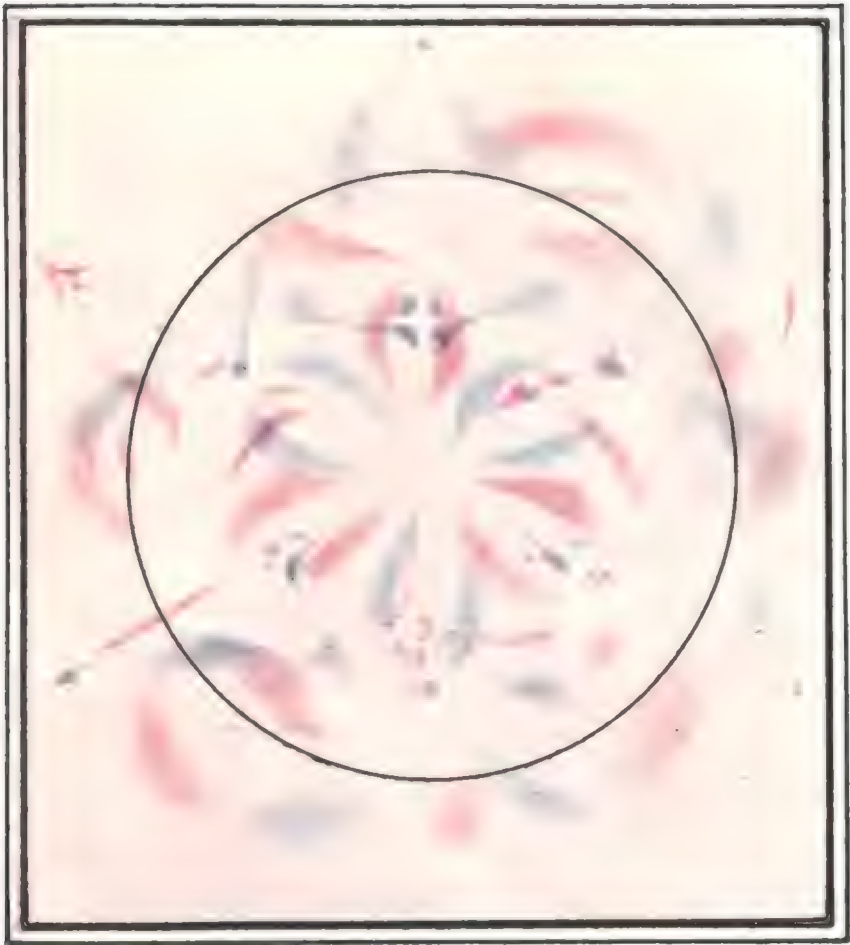
Фиг. 258.
Крист. **118** и **119.**



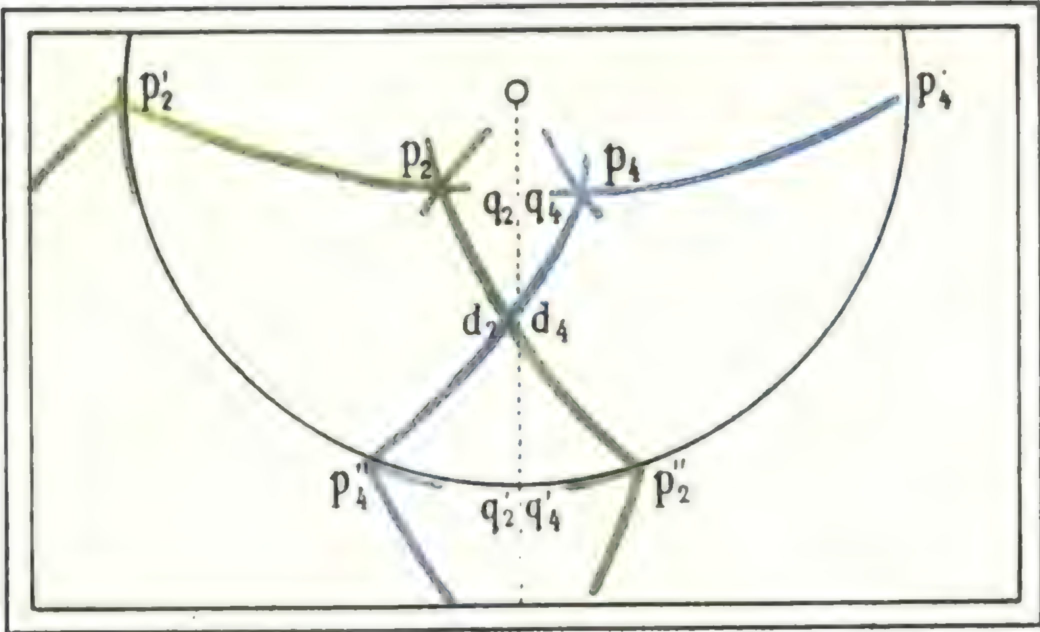
Фиг. 259. Крист. **121.**



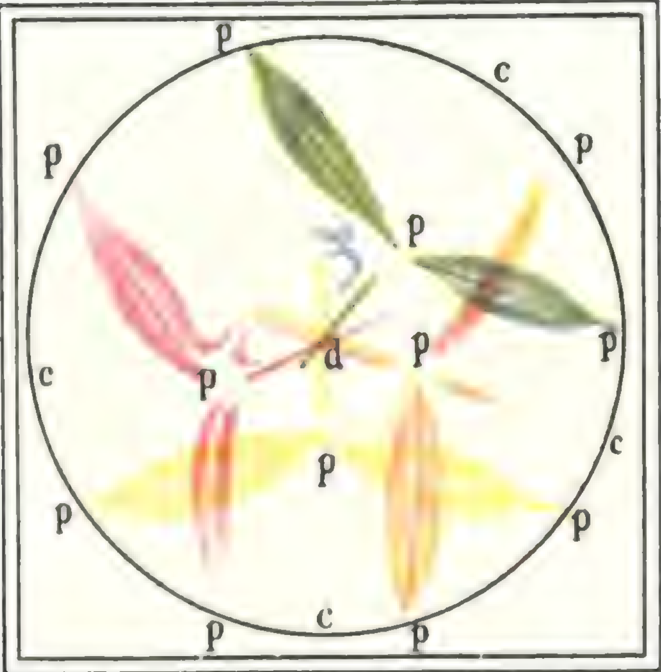
Фиг. 260. Крист. **122.**



Фиг. 261.
Крист. 121



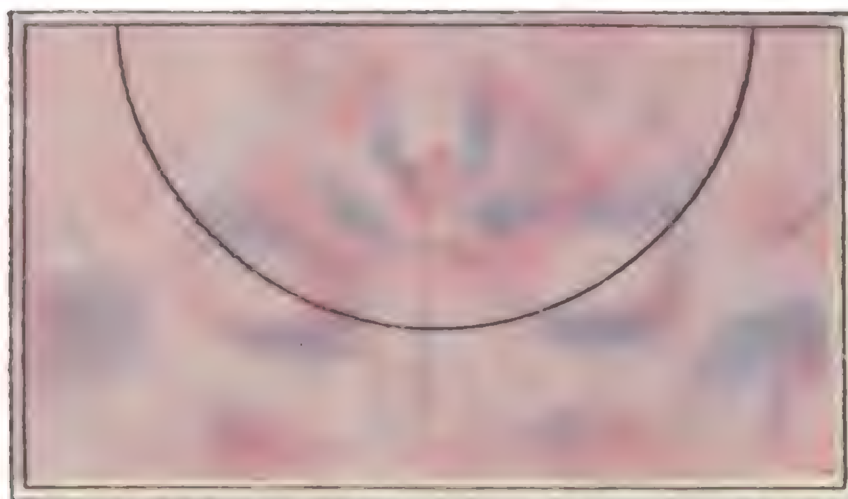
Фиг. 262.
Крист. 123.



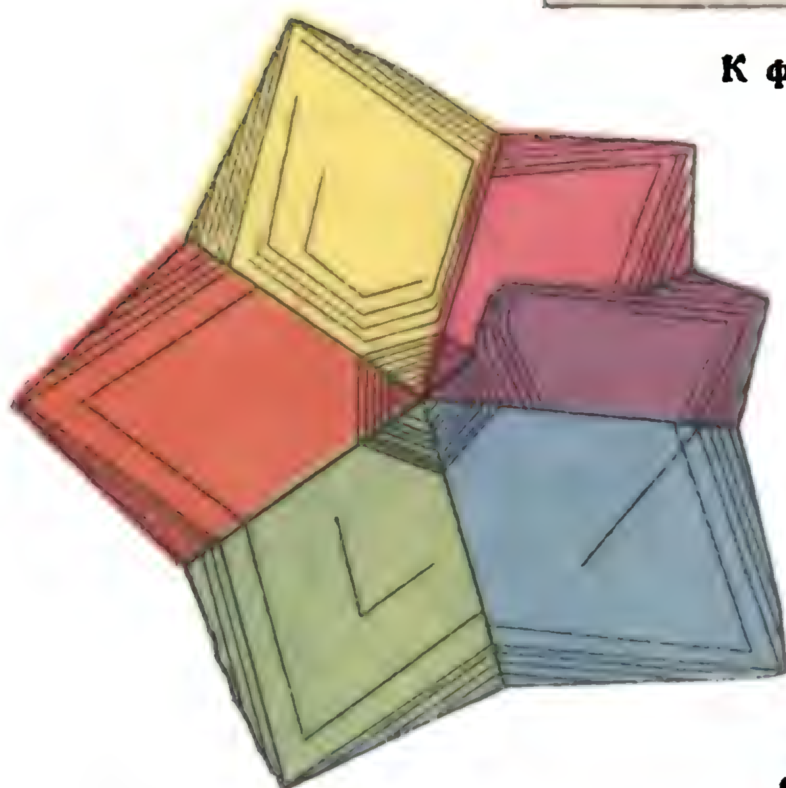
Фиг. 263. **Крист. 124.**



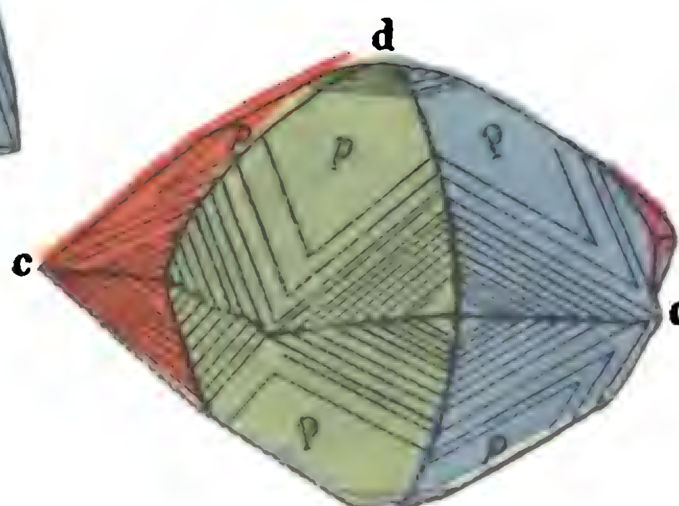
Фиг. 264.
Крист. 123.



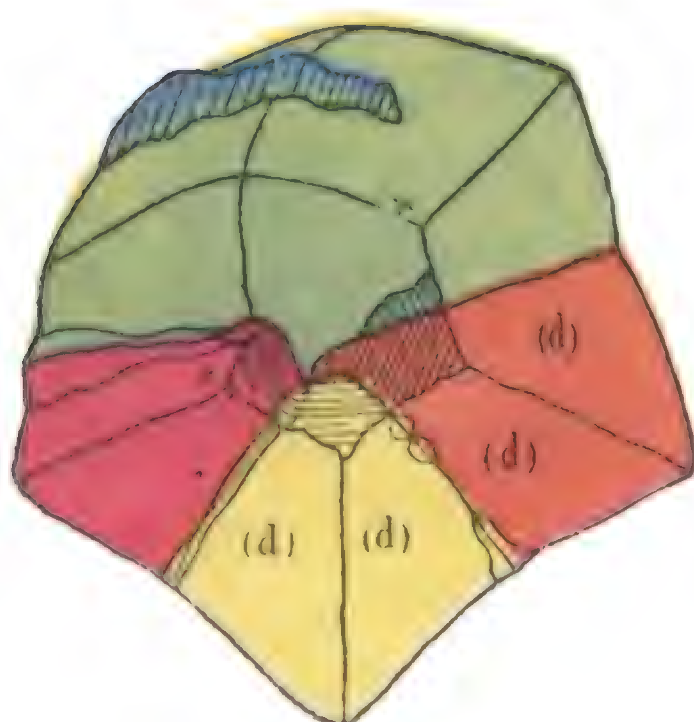
К фиг 265. Крист. 122.



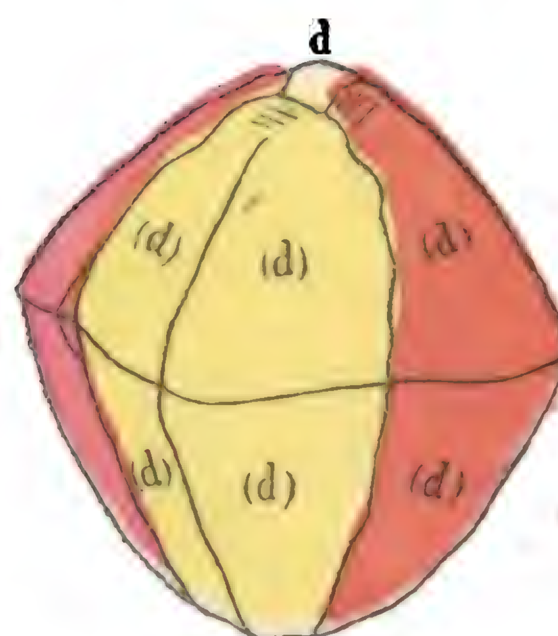
К фиг. 266. Крист. 123.



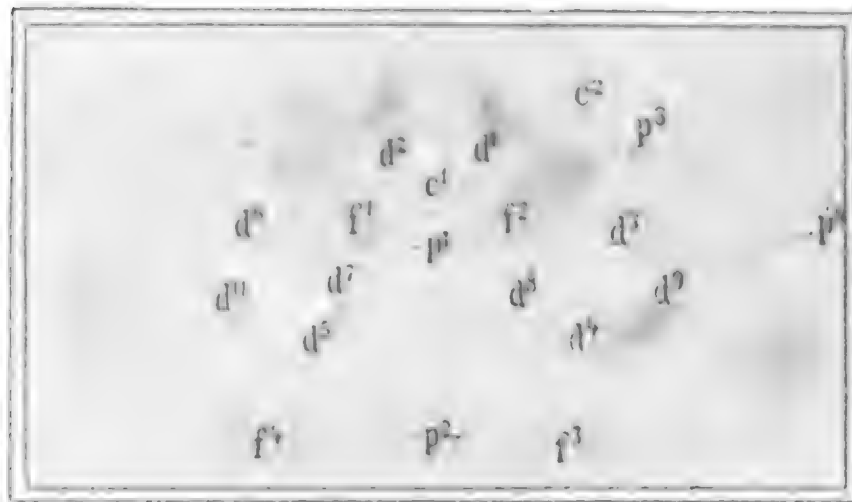
К фиг. 267. Крист. 123.



К фиг. 268. Крист. 124.

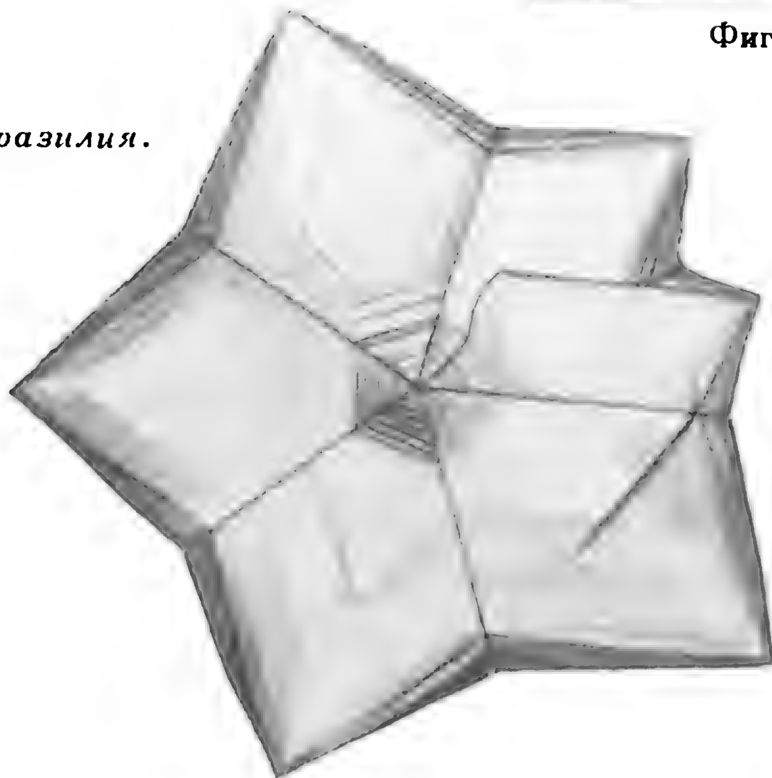


К фиг. 269. Крист. 124.



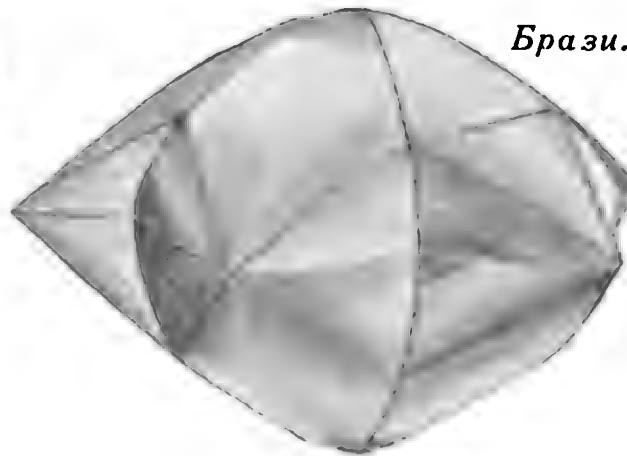
Фиг. 265. **Крист. 122.**

Бразилия.



Фиг. 266. **Крист. 123.**

Бразилия.



Фиг. 267. **Крист. 123.**

Ю. Африка.

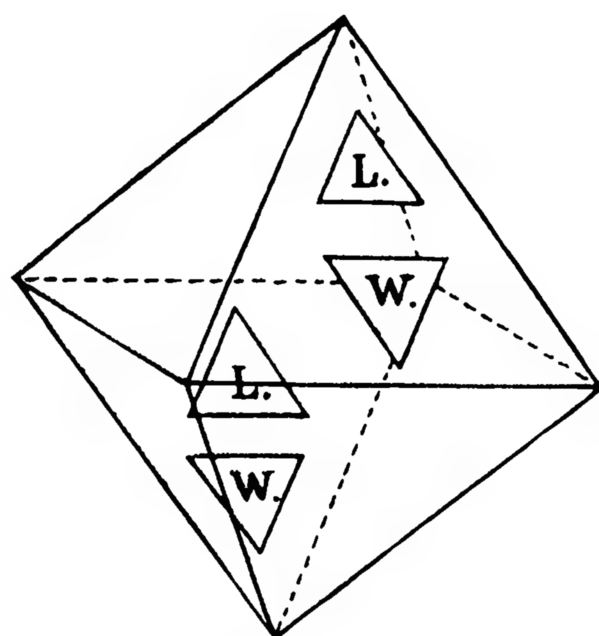


Фиг. 268. **Крист. 124.**

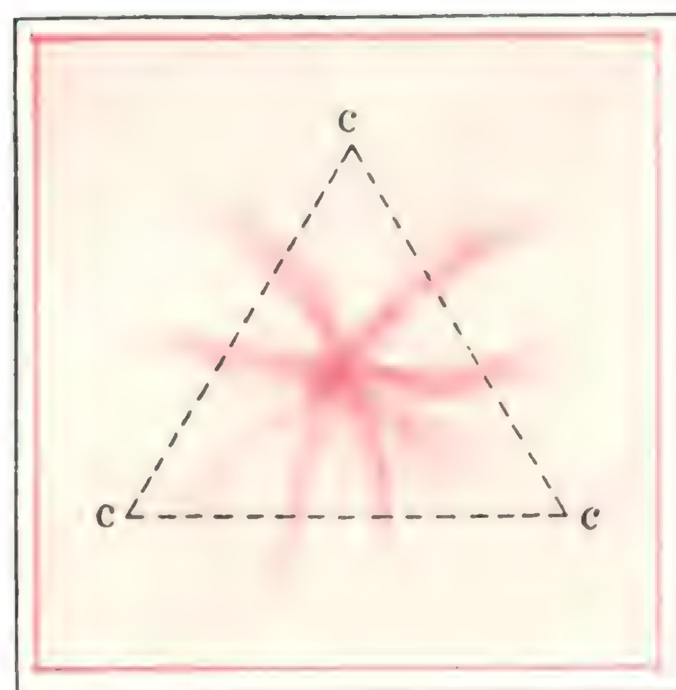
Ю. Африка.



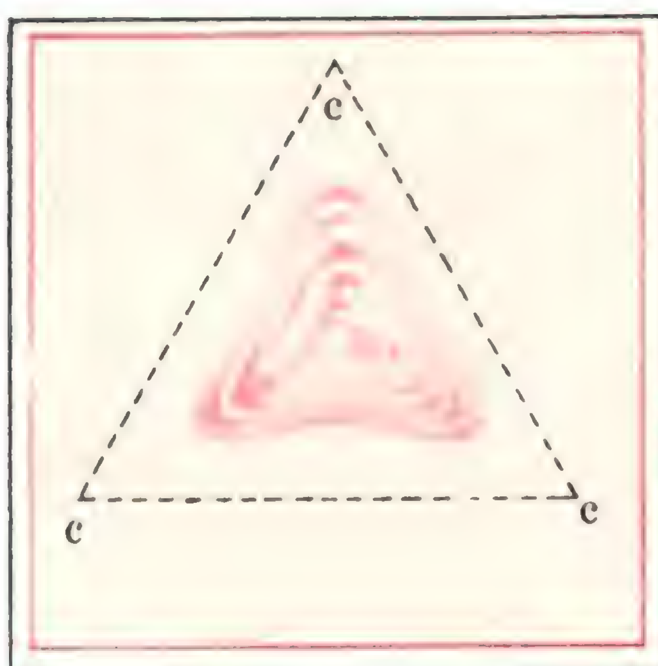
Фиг. 269. **Крист. 124.**



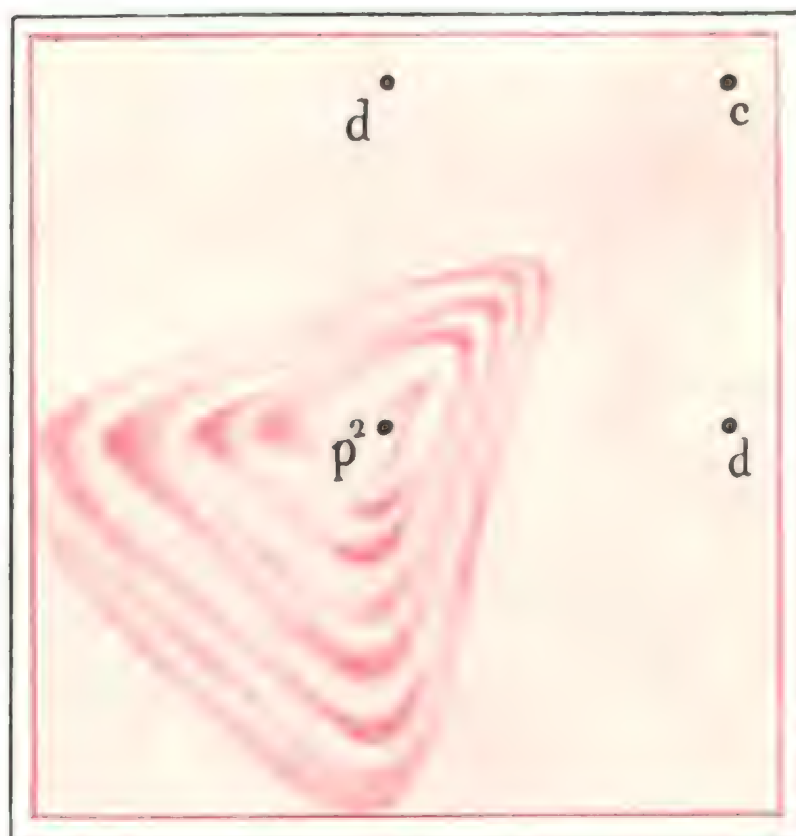
Фиг. 270.



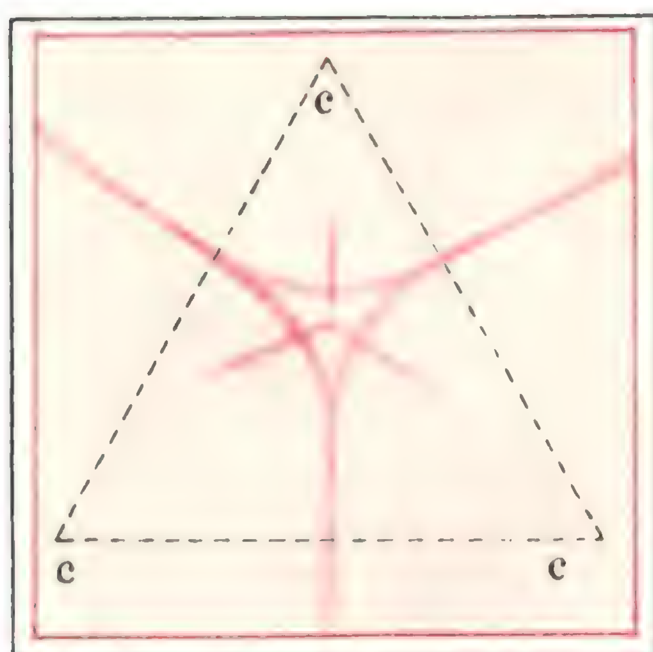
Фиг. 271. Крист. **125.**



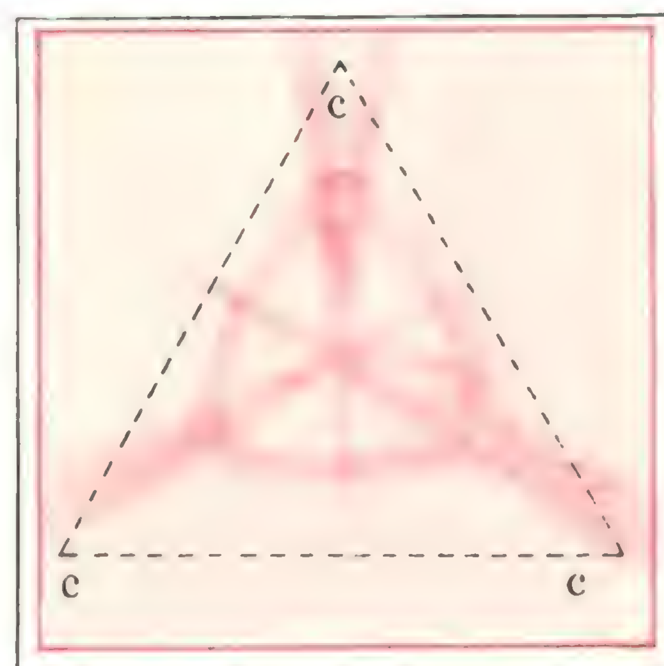
Фиг. 272. Крист. **126.**



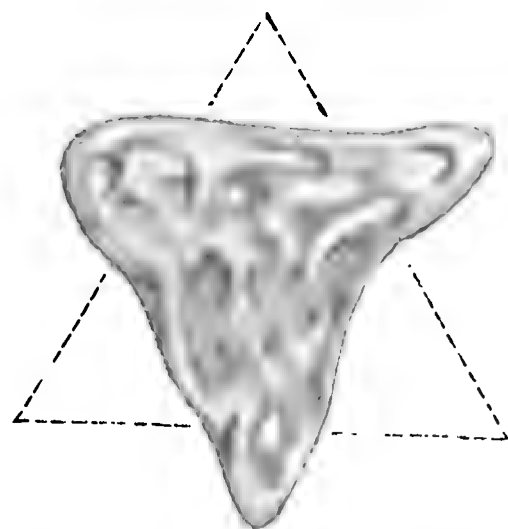
Фиг. 273. Крист. **126.**



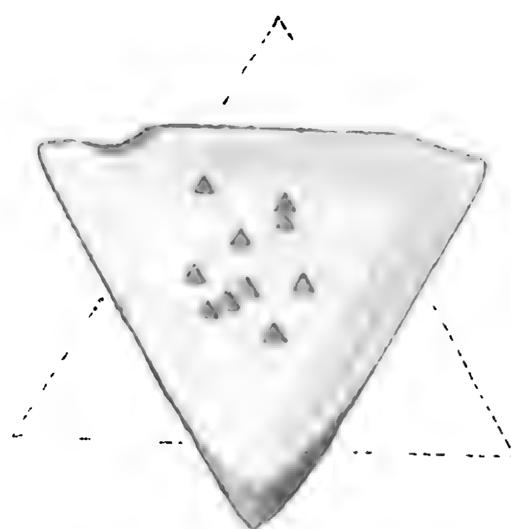
Фиг. 274. Крист. **127.**



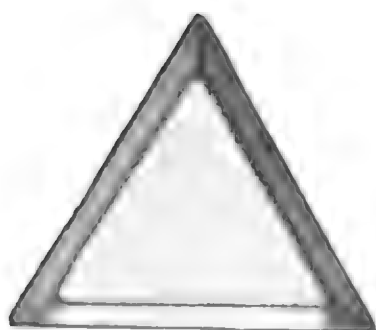
Фиг 275. Крист. **127.**



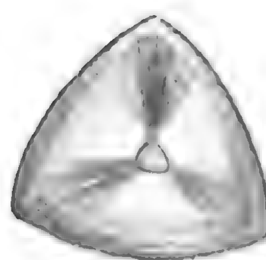
Фиг. 276. Крист. 125.

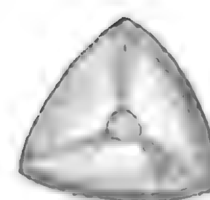


Фиг. 277. Крист. 126.



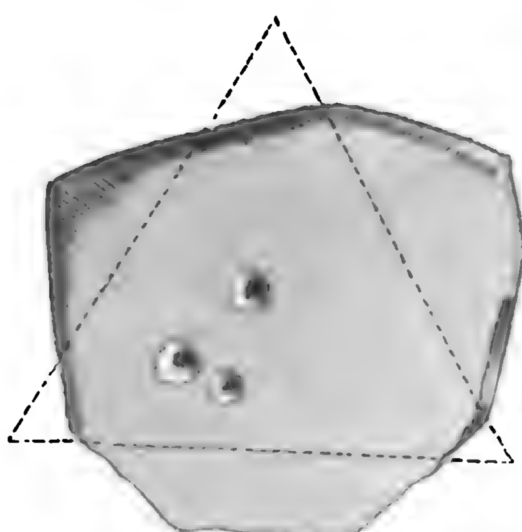
Фиг. 278. Крист. 126.



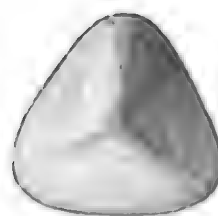


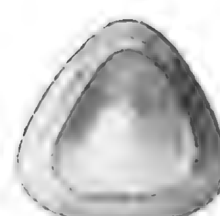
Байя, Бразилия.

Фиг. 279. Крист. 78.

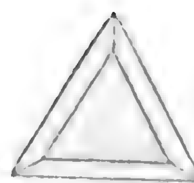


Фиг. 281. Крист. 126.

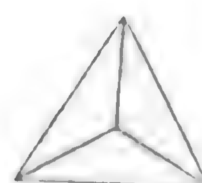




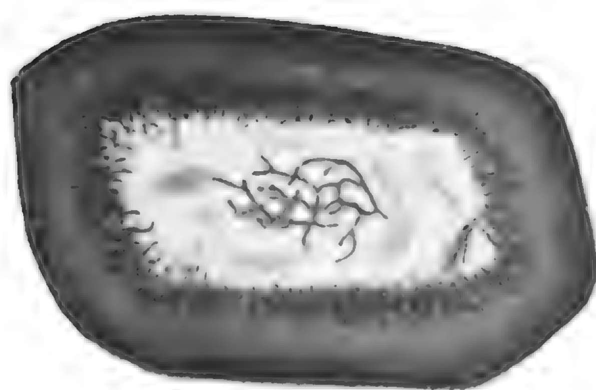
Фиг. 280. Крист. 126.



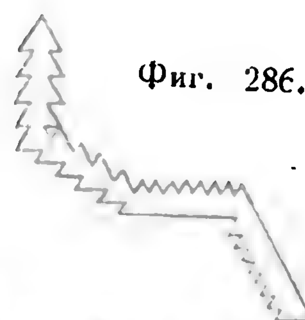
Фиг. 282. Крист. 130.



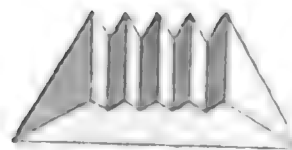
Фиг. 283. Крист. 130.



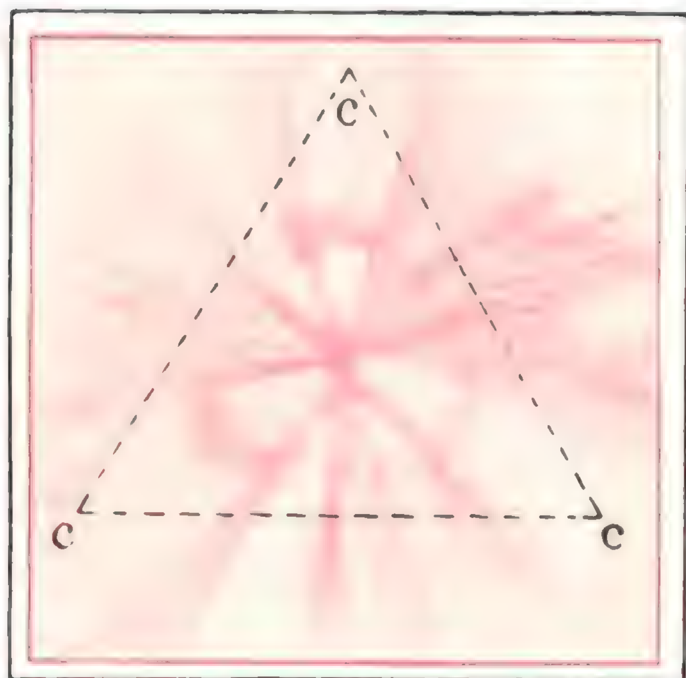
Фиг. 284 (по Г. Розе).



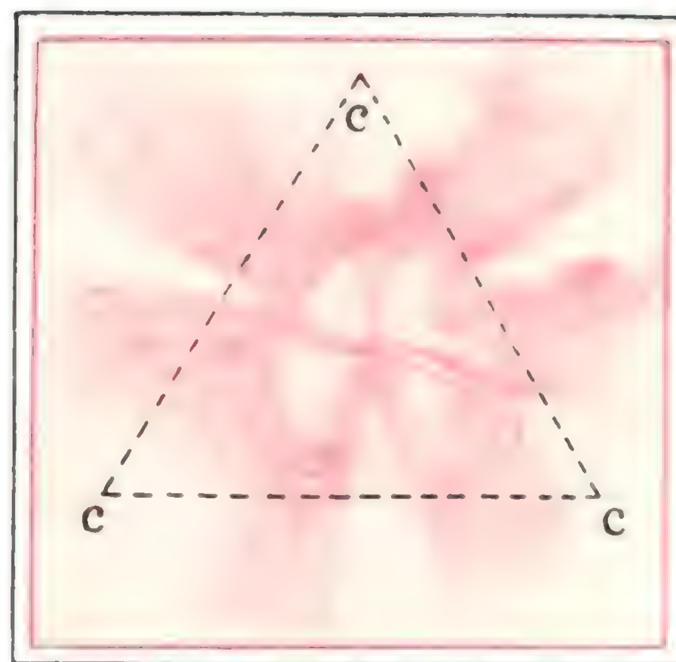
Фиг. 286.



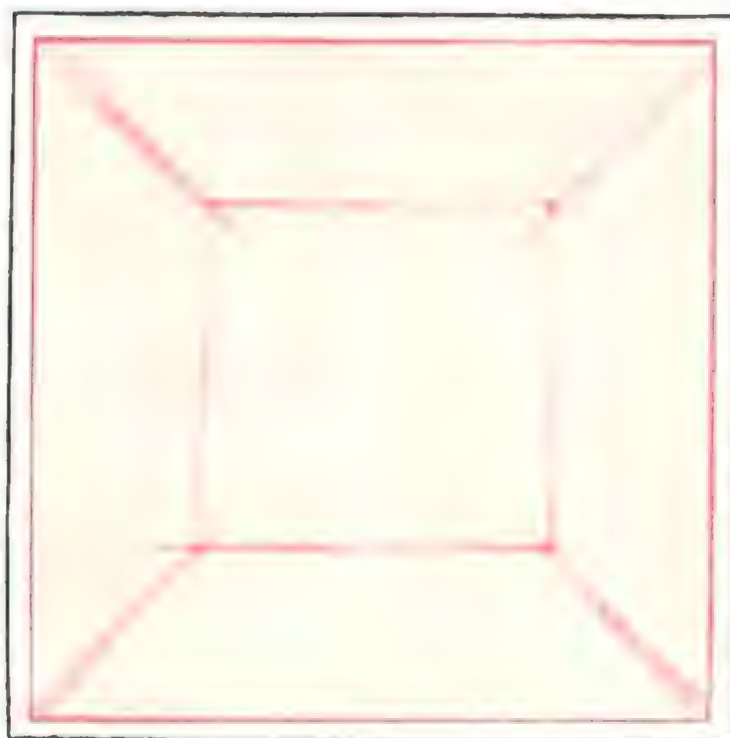
Фиг. 285.



Фиг. 287. Крист. **127.**



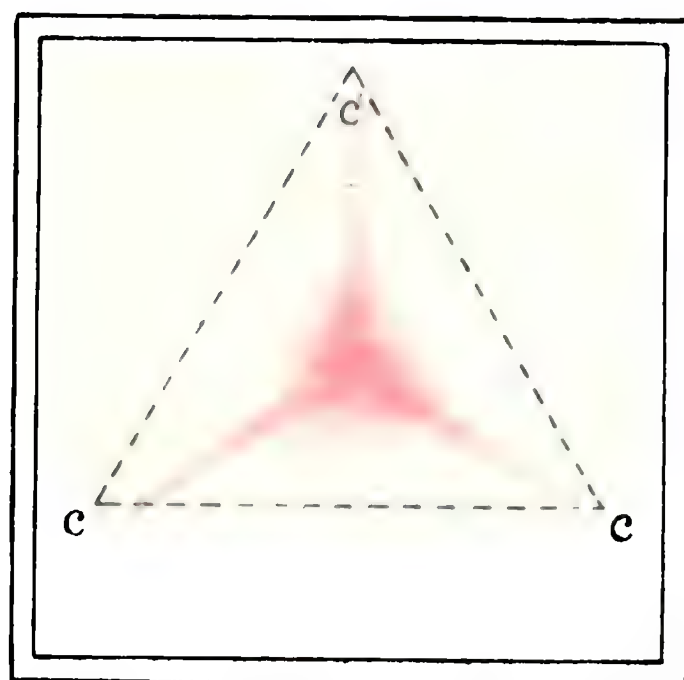
Фиг. 288. Крист. **128.**



Фиг 289. Крист. **129.**



Фиг. 290. Крист. **129.**



Фиг. 291. Крист. **131.**



Бразилия.

Фиг. 292. Крист. **131.**

ОБЗОР ТАБЛИЦ

Обобщенные картины. Табл. 1—3.

Кристаллы чистого роста. Табл. 4—7 (кроме фиг. 46) и дополнительно фиг. 98.

Кристаллы, образование которых закончилось в нейтральной стадии или в стадии растворения, а именно:

A. Переходный ряд от октаэдра к додекаэдру:

1. С господствующим октаэдром. Табл. 8—9 и фиг. 46, 71, 73, 74.
2. С господствующим додекаэдром. Табл. 10—12 (кроме фиг. 68—70, 72) и фиг. 88, 94, 95.

B. Тот же переходный ряд, с ложными гранями и ямками высверливания в вершинах куба. Табл. 13—15, кроме фиг. 88, 94, 95.

C. Переходный ряд, представленный комбинацией куба и октаэдра с подчиненным додекаэдром. Табл. 16—29, кроме фиг. 124, 125.

D. Переходный ряд с господствующим кубом. Табл. 20—23 и фиг. 124, 125, 160, 166.

E. Образования с отчетливо выраженной гемиэдрией. Табл. 24—26, кроме фиг. 160—166.

Исключительные образования разного рода. Табл. 27—29, кроме фиг. 194, 202.

Искаженные формы. Табл. 30 (кроме фиг. 210) и дополнительно фиг. 194, 211.

Образования, которые могут быть истолкованы как двойники прорастания по закону Мооса—Розе. Табл. 31—32 (кроме фиг. 211) и дополнительно фиг. 202, 210.

Шпинелевые двойники:

1. Типа переходных рядов A, B, C. Табл. 33—36, кроме фиг. 239—242, 247, 248.
2. Типа переходного ряда D. Табл. 37—38 и фиг. 239—242, 247, 248, 261, 265.

Циклические двойники, образованные по шпинелевому закону. Табл. 39, 40, кроме фиг. 261, 265.

Образования, полученные при искусственном травлении. Табл. 41—43; ср. с природными фигурами травления, фиг. 279, 292.

УКАЗАТЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Бразилия — 72 кристалла

Бразилия, без более точных данных — 36 кристаллов (в том числе 7 недостоверного происхождения), №№ **13, 15, 32, 35, 40, 46, 51, 56, 57, 60, 63, 68, 71, 72, 73, 86, 87, 88, 89, 94, 97, 98, 105, 112, 113, 119, 120, 123, 131**. Недостоверны №№ **14, 38, 49, 64, 67, 69, 122**.

Бразилия, пров. Байя — 32 кристалла, №№ **26, 27, 29, 31, 33, 47, 48, 50, 54, 58, 61, 62, 65, 66, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 83, 84, 85, 91, 101, 102, 104, 106, 109, 110, 111, 118**.

Бразилия, Диамантина, Серро до Фрио — 2 кристалла, №№ **28** и **103**.

Бразилия, Рио — 2 кристалла, №№ **52, 121**.

Южная Африка (Капская провинция) — 40 кристаллов

Южная Африка, без более точных данных — 21 кристалл (в том числе 5 недостоверных), №№ **5, 10, 18, 19, 21, 22, 25, 39, 55, 90, 92, 99, 107, 114, 115, 124**. Недостоверны №№ **7, 20, 37, 45, 77**.

Южная Африка, Кимберлей — 16 кристаллов (в том числе 3 недостоверных), №№ **2, 3, 8, 11, 12, 16, 17, 24, 41, 42, 59, 70, 108**. Недостоверны №№ **4, 6, 9**.

Южная Африка, рудник Ньюлэндс — 1 кристалл, № **1**.

Южная Африка, Вест-Гриквалэнд — 1 кристалл, № **96**.

Южная Африка, Ягерсфонтейн — 1 кристалл, № **53**.

Юго-западная Африка, бухта Людеритц — 6 кристаллов

№№ **23, 34, 36, 43, 44, 95**.

Австралия, Бингара — 2 кристалла

№№ **100, 117**.

Неизвестные месторождения — 5 кристаллов

№№ **30, 79, 82, 93, 116**.

ОБЪЯСНЕНИЕ ТАБЛИЦ

Звездочкой (*) обозначены **накладные листы** к соответствующим таблицам

Жирными цифрами указаны страницы, на которых дано основное описание данного рисунка

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
1	1	Обобщенная картина гномонических проекций упоминавшихся в литературе форм	47, 51, 69, **119**, 120
1*	1	Накладная фигура: обобщенная картина полос в картине световых рефлексов алмаза	51, 69, **120**
1	2	Обобщенная картина полос в картине световых рефлексов алмаза	68, 69, 70, **120**, 141, 147, 155
1*	2	Накладная фигура: буквенные обозначения полос в картине световых рефлексов	68, 70, 155, 210
2	3	Обобщенная картина достоверных типичных форм	50, **120**, 141
2	4	Схематическая картина проекции полос роста	38, 59, 70, 176
2	5	Схематическая картина проекции полос и полей растворения	38, 59, 70, 176
2	6	Схематическая картина проекции полос тела *ро-ра*	38, 59, 70, 176
2	7—14	Изображение связи между рефлексом и поверхностью	61
2	7	Плоская грань и световая точка	61
2	8	Исштрихованная плоская грань и прямолинейная световая полоса	61
2	9	Исштрихованная, цилиндрически изогнутая грань и световое поле	61
2	10	Шестигранная исштрихованная пирамида и шестилучевая звезда в рефлексе	62
2	11	Две плоские грани и две точки в рефлексе	61

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
2	12	Две грани, исштрихованные перпендикулярно к ребру, и две параллельно-прямолинейные световые полосы	61
2	13	Две грани, исштрихованные параллельно ребру, и две части прерванной прямолинейной полосы	62
2	14	Две слегка закругленные грани и два световых поля	62
3	15—22	Изображение связи между рефлексом и поверхностью	61
3	15	Коническая поверхность и световое кольцо	62, 167
3	16	Конически закругленная поверхность и расширенное световое кольцо	62, 167
3	17	Округлый конус и световой круг	62, 167
3	18	Округлый конус с притуплением и световой круг со светлой точкой	62, 167
3	19	Четыре пирамидальные плоские грани и четыре световые точки	62
3	20	Та же картина при измененной величине граней	62
3	21	Четыре пирамидальные исштрихованные грани и четырехлучевая звезда в рефлексе	62
3	22	Четыре пирамидальные округлые грани и четыре световых поля	62
3	23	Схематическое изображение ямок высверливания на грани куба	38, 85, 204
3	23а	Сектор, отделенный от кристалла путем шестистороннего высверливания	38, 85, 204

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
3	24	Схематическое изображение додекаэдра с поперечной пограничной линией и главными направлениями растворяющих потоков	37, 154, **204**
3	25	Та же картина со схематически нанесенными бугорками травления	88, 91
3	26	Схематическое изображение зоны **pc** и ее главных узлов, с направлением и силой потоков	88
4	27	Крист. **1.** Гномоническая картина световых рефлексов, состоящая из полос [**D**]. Картина, характерная для роста	**70, 135,** 136, 137, 138, 141
4	28	Крист. **3.** Картина световых рефлексов, сходная с фиг. 27	136, **138,** 139, 141, 150
4	29	Крист. **1.** Перспективная проекция рефлексов (фиг. 27) на грани додекаэдра	**135,** 137, 141, 142
4	30	Крист. **4.** Картина световых рефлексов, состоящая из резких полос [**D**], со сгущением света в середине, у точек **d**	**139,** 146, 206
4	31	Крист. **6.** Картина световых рефлексов. Полосы [**D**] расширяются в середине, переходя в полосы (**D**). Начало процесса растворения	137, 138, 139, **141** 142, 143, 151
4	32	Крист. **10.** Картина световых рефлексов тела *po-pa*, впереди слева — чистый рост; сзади справа — растворение и рост, совместно	137, 141, **144,** 145, 199
5	33	Крист. **2.** Чистый октаэдр без поверхностной скульптуры	37, 51, 52, 136, **137,** 138, 139, 150
5	34	Крист. **3.** Октаэдр с тонкой поверхностной скульптурой	37, 137, **138,** 150

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
5	35	Крист. **4.** Ложный додекаэдр [**d**] с подчиненным **p**	37, 51, 53, 70, 136, **139**, 140, 269
5	36	Крист. **5.** Октаэдр с додекаэдрическими ложными гранями [**d**]	37, 52, 70, 75, 76, 81, 136, **140**, 141, 192, 200, 260, 269
5	37	Крист. **15.** Комбинация октаэдра с додекаэдром [**d**] в форме ложных граней и кубом [**c**] в форме вершинных граней	51, 52, 53, 70, 75, 81, 86, 135, 146, **150**, 189, 238, 244, 248, 249, 277
5	38	Крист. **6.** Октаэдр с додекаэдрическими ложными гранями [**d**]	37, 51, 53, 75, 81, 135, 136, **141**, 142, 143, 144, 146, 150, 169, 258, 269
5	39	Крист. **10.** Изображение головки кристалла, представляющего собою комбинацию **p** и [**d**] (додекаэдрические ложные грани) в проекции на грань куба	50, 81, 137, 140, 142, **144**, 146
6	40	Крист. **12.** Картина световых рефлексов. Короткие полосы [**D**] и [**B**] со световыми точками **p** и **c**	39, 136, 139, **146**
6	41	Крист. **13.** Картина световых рефлексов. Яркие точки **p** и **c.** Полосы [**D**] резкие и длинные. Полосы [**B**] слабые и короткие	39, 59, 136, **147**, 148, 176
6	42	Крист. **14.** Картина световых рефлексов. Резкие полосы [**B**] и [**A**], слабые полосы [**D**] (рост). Слабые расплывчатые полосы (**D**) (растворение)	70, **149**
6	43	Крист. **10.** Схематическое изображение грани **p** с пластинками роста и углублениями	37, 135, **144**
6	44	Крист. **12.** Увеличенная картина световых рефлексов звезды **c** с фиг. 40	**146**, 147

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
6	45	Крист. **6.** Перспективная проекция световых полос [**D**] на грани додекаэдра	**141**, 142
6	46	Крист. **18.** Перспективная проекция световых полос [**D**], (**D**), (**C**) на грани додекаэдра	**152**, 157
7	47	Крист. **12.** Комбинация **p** и **c.** Отдельные фигурки роста	37, 39, 49, 51, 53, 120, **146**, 150, 182
7	48	Крист. **13.** Комбинация **p** и **c** в одинаковом развитии. Образование чистого роста	37, 49, 53, 140, **147**, 148, 188, 189, 192
7	49	Крист. **14.** Октаэдр, представляющий собою параллельный сросток, состоящий из отдельных индивидов комбинации **p** и **c** в одинаковом развитии	135, **149**, 150, 198
7	50	Крист. **14.** Схематическое изображение фиг. 49.	**149**
7	51	Крист. **14.** Схематическое изображение к фиг. 49. Комбинация **pc** в одинаковом развитии в октаэдре	37, 53, **149**
7	52	Крист. **16.** Изображение головки кристалла в проекции на грань **p.** Затушевана грань $\mathbf{n} = \frac{2}{3}$	49, 50, 122, 136, 139, 140, 143, 148, **150**
7	53	Крист. **17.** Комбинация **p** и $\mathbf{u} = \frac{1}{2} 1$	49, 50, 136, 139, 140, 148, 150, **151**
8	54	Крист. **18.** Картина световых рефлексов. Короткие полосы [**D**] и полосы [**C**], характерная картина *ро-ра*	71, 141, **152**, 155, 157, 158, 160, 161, 166, 169, 171
8	55	Крист. **18.** Та же картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани куба	**152**, 157

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
8	56	Крист. **21.** Картина световых рефлексов: полосы [**D**], (**D**), (**C**), ($\mathbf{E}^1$), ($\mathbf{E}^2$), ($\mathbf{E}^3$)	38, 40, 68, **158,** 159
8	57	Крист. **21.** Та же картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани додекаэдра	**158**, 159
8	58	Крист. **21.** Та же картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани куба	**158**, 159
8	59	Крист. **24.** Картина световых рефлексов ямки роста (фиг. 67) в увеличенном масштабе, в положении октанта I. Резко выраженная картина роста: полосы [**D**] и [**B**]	**163**, 213
9	60	Крист. **19.** Октаэдр со слегка округлыми ребрами, притупленными (**d**)	154, **157**, 160, 161, 169, 267
9	61	Крист. **18.** Октаэдр с (**d**). Пограничные линии выражены резко. Отдельные треугольные фигурки роста	66, **152**, 153, 154, 157, 158, 169, 267, 310
9	62	Крист. **18.** Фигура роста в середине одной из граней октаэдра. Несколько схематизировано	37, 52, 139, **152**, 153, 159, 160, 267
9	63	Крист. **21.** Сложное тело *ро-ра*. Октаэдр, сложенный пластинками, с углублениями на гранях. Широкие грани (**d**), почти без пограничной линии	37, 38, 40, **77**, 139, **158**, 169, 244, 310
9	64	Крист. **22.** Октаэдр с резко выраженными пластинками и гранями (**d**)	37, 158, **160**, 161, 162, 163, 169, 172, 180, 267, 278
9	65	Крист. **18.** Ямка роста в увеличенном виде. Зарисовано под микроскопом	37, **152**, 153, 164

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
9	66	Крист. **23.** Октаэдр с широкими гранями (**d**), остатками пластинок роста в **p** и резко выраженными пограничными линиями	37, 160, **161**, 162, 163, 180, 224, 267
9	67	Крист. **24.** Проекция кристалла на грань октаэдра. Различные ямки роста изображены схематически на грани **p**	37, **163**, 310
10	68	Крист. **26.** Картина световых рефлексов нарушена двойникованием. В $\mathbf{p}^3$ — почти чистое растворение, в $\mathbf{p}^1$ — рост и растворение; рост обусловлен пластинками полисинтетических двойников	132, **165**, 166, 168, 308
10	69	Крист. **26.** Та же картина световых рефлексов октанта III после закрытия ширмочкой всех двойниковых явлений. В увеличенном виде	71, 156, 160, **165**, 166, 167, 199
10	70	Крист. **26.** Слева — чистое растворение, грани (**d**). Справа — пластинки полисинтетических двойников с явлениями роста на границах	38, 49, **165**, 166, 167, 199
10	71	Крист. **25.** Схематическое изображение октаэдра, сложенного шестью мелкими октаэдрами	**164**
10	72	Крист. **26.** Часть граней (**d**) в увеличенном виде. Зарисовано под микроскопом	38, 91, **165**, 166
10	73	Крист. **25.** Интересное образование роста, закругленное растворением. Несколько схематизировано	159, **164**
10	74	Крист. **25.** Грань октаэдра, разделенная на три части, с ямками роста	**164**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
11	75	Крист. **27**. Картина световых рефлексов образования растворения. Полосы (**D**) около точки **d**, переходящие в поля (**CE**). Слева вверху — остатки полос [**D**]	141, 167, **169**, 173, 174, 225
11	76	Крист. **29**. Картина световых рефлексов. Короткие полосы (**D**), связанные полосами (**L**)	39, 59, 167, **173**, 174, 175, 176, 250
11	77	Крист. **29**. Та же картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани додекаэдра	141, **173**, 174, 176
11	78	Крист. **30**. Картина световых рефлексов. Поля растворения (**CE**)	39, **174**, 175
11	79	Крист. **31**. Картина световых рефлексов. Расщепленные поля (**CE**) с полосами (**L**)	71, **174**, 179, 225
11	80	Крист. **32**. Картина световых рефлексов. Поля (**CE**) с пустыми зональными областями **pcp** и **pdp**	39, **175**, 176, 177, 178, 225, 252, 286
12	81	Крист. **27**. Тело растворения (**d**) с резко выраженной продольной штриховкой	37, 70, 82, **169**, 171, 175, 190, 267
12	82	Крист. **28**. Комбинация **p** и (**d**). Большие бугорки травления на пограничной линии	38, 162, **172**, 269
12	83	Крист. **29**. Тело растворения (**d**), блестящее, округлое	82, **173**, 190
12	84	Крист. **30**. Искаженный додекаэдр (**d**) с резко выраженными бугорками травления	38, 39, **174**, 175
12	85	Крист. **31**. Додекаэдр (**d**) с гранями, имеющими углубление вдоль длинной диагонали	**174**, 175, 258, 269

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
12	86	Крист. **32.** Додекаэдр (**d**), похожий на шар, с резкими пограничными линиями и множеством пластинок полисинтетических двойников	37, 132, 165, **175**, 176, 177, 178, 237, 272
12	87	Крист. **33.** Додекаэдр (**d**) с отчетливо выраженной структурой полисинтетического двойникования	37, 132, 165, **176**, 177, 272
13	88	Крист. **34.** Яркие поля (**CE**) в картине световых рефлексов. Широкие пустые зональные области **pdp** и **pcp**	175, **177**, 178
13	89	Крист. **37.** Картина световых рефлексов. Широкие полосы (**D**); бледные полосы [**B**], [**A**] и [**D**]	180, **181**
13	90	Крист. **40.** Картина световых рефлексов. Расплывчатые и расслоенные поля (**CE**) и одно поле **c**	175, **184**, 187, 214
13	91	Крист. **42.** Картина световых рефлексов. Полосы (**D**). Полосы [**B**] яркие. Полоса [**K**] очень расплывчатая	**184**, 185
13	92	Крист. **39.** Проекция кристалла с фиг. 99 на грань **p**. Широкие грани (**d**) с резкой пограничной линией. Грани **c** округлые	**183**
13	93	Крист. **39.** Проекция кристалла с фиг. 99 на грань $\mathbf{p}^1$. Спайная поверхность, измененная растворением	**183**
14	94	Крист. **34.** Слегка округлый додекаэдр (**d**). Пограничные линии сдвинуты	37, 82, **177**
14	95	Крист. **35.** Шаровидное тело растворения с размытыми ребрами и пограничными линиями	**178**, 179

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
14	96	Крист. **36.** Додекаэдр (**d**) с подчиненными ложными гранями (**c**). Бугорки травления на (**d**). Резкая зазубренная пограничная линия	76, **77**, 82, 179, **180**
14	97	Крист. **37.** Комбинация **p** с (**d**) и (**c**). Вытянутые в длину бугорки травления, еле заметная пограничная линия. Грань (**c**) состоит из рядов примыкающих друг к другу вершинок бугорков травления	76, 86, 179, **181**, 182, 267
14	98	Крист. **38.** Комбинация **p**, [**d**], [**c**]. Образование роста, возможно на основе тела растворения	38, 76, 86, 179, **182**, 189, 198, 267
14	99	Крист. **39.** Округлый додекаэдр (**d**) с резкой пограничной линией, переходящий в плоско-округлые грани **c** около **c**	38, 76, **183**, 208, 237
15	100	Крист. **40.** Комбинация (**d**) и (**c**). Грани (**d**) образуют углубления по длинным диагоналям, грани (**c**) размыты и закруглены	179, **184**, 185
15	101	Крист. **41.** Проекция кристалла на грань куба. Октаэдр с (**d**). На месте куба — ямки высверливания с регенерировавшими октаэдрическими пластинками роста	87, 92, 159, **184**, 185, 188, 194, 203
15	102	Крист. **42.** Сходен с фиг. 101. Ямка высверливания больше и регенерация слабее	87, 159, 180, **184**, 185, 256
15	103	Крист. **43.** Проекция кристалла на грани **c.** Додекаэдр (**d**) с ямками высверливания на гранях куба	161, 179, **186**, 187

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
15	104	Крист. **45.** Проекция кристалла на грань октаэдра. Кристалл, представляющий собою параллельный сросток (аналогично фиг. 106) со сложными явлениями растворения на границе отдельных индивидов	**188**, 258
15	105	Крист. **44.** Округлый додекаэдр (**d**) с большими ямками высверливания на грани куба. Изображение кристалла в проекции на грань куба	179, **186**, 187, 188
15	106	Крист. **45** (тот же, что на фиг. 104). Проекция кристалла на грань **c**. Октаэдр, представляющий собою параллельный сросток. Несколько схематизировано	87, **188**
16	107	Крист. **13.** Картина световых рефлексов образования чистого роста; точки **p** и **c**, полосы [**D**] и [**B**]. Ср. с фиг. 108	**147**, 148, 189, 190, 191
16	108	Крист. **46.** Картина световых рефлексов размытого образования, представляющего собою комбинацию **p** и **c** в одинаковом развитии. Расщепленные и расплывчатые световые точки **p** и **c** и полосы [**B**] и [**D**].	78, **189**, 190, 197, 233, 236, 240, 257, 278, 312
16	109	Крист. **47.** Картина световых рефлексов образования роста, несколько размытого вследствие растворения. Полосы [**D**] и [**B**]	78, **190**, 191
16	110	Крист. **48.** Картина световых рефлексов с полосами роста [**D**] и полями растворения около **c**	78, **191**, 192, 197

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
16	111	Крист. **49.** Картина световых рефлексов походит на картину фиг. 110, но поле **c** более правильной формы	**193**, 197, 202
16	112	Крист. **50.** Картина световых рефлексов. Яркие полосы [**D**] с точками; поле неправильной формы в **c** и зонах **pcp**	193, **194**, 195
17	113	Крист. **13.** Образование чистого роста. Ср. с фиг. 114.	54, **147**, 148, 188
17	114	Крист. **46.** Размытая комбинация **p** и **c**, почти в одинаковом развитии	54, 78, 182, **189**, 234, 257, 310
17	115	Крист. **47.** Комбинация **p**, [**d**] и **c**; все грани размытые и блестящие	78, 147, 148, **190**, 195
17	116	Крист. **48.** Комбинация **p** и (**c**). **p** — резко выраженное образование роста; **c** — результат травления	40, 78, 147, 148, 187, **191**, 196
17	117	Крист. **49.** Проекция крист. **49** (фиг. 118). Большие ямки высверливания на гранях куба с включением, имеющим двойниковое положение	**193**
17	118	Крист. **49.** Комбинация **p**, [**d**], (**c**). Образование октаэдра и додекаэдра закончилось стадией роста, куба — стадией высверливания и растворения	147, **193**, 195, 197
17	119	Крист. **50.** Комбинация **p**, [**d**], [**c**]; грани [**d**] слегка закруглены растворением, грани **c** покрыты углублениями в виде желобков вследствие разъедания	49, 50, 76, 122, 123, 146, 147, 148, 182, 191, 193, **194**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
18	120	Крист. **51.** Картина световых рефлексов. Точки **p** и поля **c** — неправильной формы	193, **196,** 197
18	121	Крист. **15.** Картина световых рефлексов. Слева вверху — чистое растворение; справа внизу — чистый рост. Полосы (**D**), поля (**CE**), полосы [**A**]. Полосы [**D**] и [**B**]	182, **197**, 198, 199
18	122	Крист. **52.** Картина световых рефлексов в проекции на грань куба фиг. 128. Резкие полосы [**D**] и [**B**]. Зачатки полос (**D**)	197, **199**, 201
18	123	Крист. **51.** Перспективная проекция картины световых рефлексов фиг. 120 на грани куба	**196**
18	124	Крист. **55.** Картина световых рефлексов. Бледные полосы (**D**). Яркие точки **p**, полосы (**A**), [**B**] и звезда **c**. Кроме того, полосы (**D**), соответствующие ямкам роста	147, 197, **202**, 203
18	125	Крист. **63.** Картина световых рефлексов креста на грани куба в увеличенном виде	**210**
19	126	Крист. **51.** Комбинация **pc.** Грани **c** углубленные, округлые, блестящие. Грани **p** выступающие гладкие; образование их закончилось стадией роста	75, 148, **196**
19	127	Крист. **15.** Образование чистого роста с явлениями растворения только в одной вершинке (слева). Комбинация октаэдра **p**, ложного додекаэдра [**d**] и ложного куба [**c**], состоящего из вершинок	182, 195, **197**, 201, 206, 208

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
19	128	Крист. **52.** Гемиморфное образование с большой шероховатой гранью **с**, октаэдром, состоящим из резко выраженных пластинок, и додекаэдрическими ложными гранями [**d**]. Глубокие бороздки на вершинках	49, 189, 193, **199**, 200, 202, 238, 277
19	129	Крист. **54.** Гемиморфное образование. Резко выраженное **р** с большой гранью **с**, покрытой скульптурой растворения	47, 189, **202**, 238, 277
19	130	Крист. **52.** Проекция кристалла с фиг. 128 на грань **с**	**199**, 200, 202
19	131	Крист. **55.** Октаэдр, состоящий из пластинок. Большая ямка роста с маленькой гранью **с** в глубине	189, **202**, 203, 238
19	132	Крист. **55.** Проекция кристалла с фиг. 131 на грань куба	132, 188, **202**, 203
20	133	Крист. **56.** Картина световых рефлексов. Резкие полосы (**D**), размытые поля **с**	**205**, 206
20	134	Крист. **57.** Картина световых рефлексов. Полосы (**D**), (**B**), слабые полосы (**A**), (**K**) и точки **р**	147, **206**
20	135	Крист. **58.** Картина световых рефлексов. Широкие световые поля (**CE**) и крест (**A**), [**B**]	183, 206, **207**, 213, 239
20	136	Крист. **64.** Картина световых рефлексов. Поля (**CE**) с пустыми зональными областями **pdp** и маленьким крестом (**A**)	**210**, 211, 225
20	137	Крист. **65.** Типичная картина световых рефлексов тела *ро-ра*. Полосы роста [**D**], [**B**], [**K**]. Полосы растворения (**D**), переходящие в широкие поля (**CE**)	59, 70, 147, 176, **211**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
20	138	Крист. **66.** Картина световых рефлексов образования растворения. Поля (**CE**) с пустыми зональными областями **pcp** и **pdp.** В середине своеобразные поля (**K**), соответствующие округлому пирамидальному кубу	**212**
21	139	Крист. **56.** Комбинация (**c**), [**d**], **p.** Немного измененное образование роста	37, 52, 53, 87, **205,** 207, 209
21	140	Крист. **57.** Вершина куба в комбинации с (**d**) и с резко выраженным **p.** Регенерация образования растворения	87, **206**
21	141	Крист. **58.** Куб с додекаэдрическими гранями растворения (**d**) и глубокими желобками, следующими по трещинкам спайности	76, 77, 87, **207,** 209, 210, 212, 227, 269
21	142	Крист. **60.** Кубический кристалл с округлыми гранями [**d**] и **p**	76, 87, **208,** 269
21	143	Крист. **64.** Блестящий округлый куб, сходный с пирамидальным кубом. Додекаэдрические пограничные линии являются ребрами куба	87, 93, 204, **210,** 269
21	144	Крист. **65.** Кристалл гексаэдрического облика, состоящий из граней (**d**). Трещинки растворения.	53, 76, 87, 204, **211,** 213, 269
21	145	Крист. **66.** Кубический кристалл. Имеет вид комбинации из двух пирамидальных кубов. Один — гладкий и блестящий, другой пересекается желобками стока	83, 93, **212,** 215

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
22	146	Крист. **62.** Образование почти чистого растворения. Картина световых рефлексов состоит из полос (**D**), переходящих в поля (**CE**), и полос (**A**), [**B**]	160, **209**, 213, 239
22	147	Крист. **62.** Та же картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани куба	**209**, 239
22	148	Крист. **62.** Та же картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани комбинации **dc**	**209**, 239
22	149	Крист. **61.** Картина световых рефлексов образования растворения с регенерирующими гранями **c**. Полосы (**D**) и (**E**) — бледные. Полосы [**B**], (**A**) и [**K**] — резкие, отвечающие растущим пластинкам	198, **209**, 210
22	150	Крист. **69.** Сложная картина световых рефлексов регенерирующего тела растворения с пограничными дугами. Полосы (**D**) сильно расширены. Полосы (**E**) разделились на несколько дуг. Полосы [**B**] яркие	**215**
22	151	Крист. **71.** Расплывчатые поля (**CE**), отвечающие образованию растворения. Кроме того, резкие полосы роста [**B**]	70, **216**, 217, 218, 221
23	152	Крист. **67.** Кубический кристалл с ямкой на месте одной из граней октаэдра. Проекция кристалла на эту грань **p**	**213**, 282
23	153	Крист. **61.** Скульптура одной из граней **c** по зарисовке под микроскопом	**209**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
23	154	Крист. **65.** Скульптура одной из граней (**d**) по зарисовке под микроскопом	**211**
23	155	Крист. **65.** Скульптура одной из граней **c** по зарисовке под микроскопом	160, **211**
23	156	Крист. **68.** Размытая комбинация (**p**), (**d**), (**c**). Грани куба — входящие	38, 76, 83, 182, **214**
23	157	Крист. **69.** Куб с входящими гранями **c**. На ребрах — округлые грани (**d**)	38, 81, 83, 85, 132, **215**
23	158	Крист. **70.** Кристалл, сходный с предыдущим. Проекция кристалла на грань **c**. Середины граней куба — входящие	83, 85, 132, **215**, 258
23	159	Крист. **71.** Тело растворения (**d**) с входящими гранями **c**, на которых наблюдается правильная регенерация благодаря растущим пластинкам	37, 53, 83, 85, 92, 93, 132, **216**, 217, 218, 219, 221, 297
24	160	Крист. **73.** Картина световых рефлексов тела *po-pa*. Расширенные в середине полосы (**D**). Резкие полосы [**D**] и [**B**]. Крест около **c**, состоящий из полос (**A**) и (**K**)	215, **220**
24	161	Крист. **74.** Гемиэдрическая картина световых рефлексов. Полосы (**B**) и поля (**CE**) со своеобразными краевыми дугами	131, 222, **223**, 224, 226
24	162	Крист. **75.** Гемиэдрическая картина световых рефлексов, состоящая преимущественно из полос (**D**) и полей (**CE**)	131, 132, 222, **225**, 226, 232

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
24	163	Крист. **76.** Гемиэдрическая картина световых рефлексов. Яркие точки **p** в $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$, бледные полосы (**D**) в $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$	131, 132, 222, **227**, 229
24	164	Крист. **77.** Гемиэдрические картины световых рефлексов. Размытые полосы (**D**); в зоне $\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$ — яркие полосы [**B**]	131, 199, 222, **230**, 232, 265
24	165	Крист. **78.** Картина световых рефлексов размытого кристалла тетраэдрического облика. Расщепленные полосы [**D**] и [**B**]; последние только в зоне $\mathbf{p}^2\mathbf{c}\mathbf{p}^4$	40, 131, 222, **233**
25	166	Крист. **73.** Изображение головки на грани **c.** Кубический кристалл со следами шнуровки, заросшими плоскими пластинками по **c** и **p**	85, 87, 194, 219, **220**, 221
25	167	Крист. **74.** Тетраэдрическое образование. Грани (**d**) с пластинками **+p**	129, 131, 222, **223**, 230, 268
25	168	Крист. **75.** Тетраэдрическое образование. **+p** большое и плоскогранное; на **—p** округлые пирамиды с маленькими плоскими притуплениями	93, 129, 131, 132, 222, **225**, 228, 231, 268
25	169	Крист. **76.** Такой же, без граней **—p**	93, 129, 131, 132, 222, 226, **227**, 228, 230, 231, 268
25	170	Крист. **77.** Сложный кристалл гемиэдрического образования. Одно ребро тетраэдра входящее, со ступенчатой регенерацией	129, 131, **230**, 232, 268
25	171	Крист. **78.** Гемиэдрическое образование. **+p** округлое, покрытое ямками травления; **—p** с размытыми пластинками роста	40, 52, 129, 131, 153, 222, **233**, 268, 310, 319

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
25	172	Крист. **80.** Гемиэдрическое образование. На **+р** округлые тетраэдрические грани; на **—р** плоский округлый пирамидальный тетраэдр	129, 131, 179, **235**, 239, 268
25*	168	Крист. **75.** Схематическое изображение кристалла. Ребра прямолинейные. Пограничные линии волнистые	**225**, 226, 228, 233
25*	170	Крист. **77.** То же	**230**, 233
25*	172	Крист. **80.** Схематическое изображение кристалла	**235**
26	173	Крист. **74.** Картина световых рефлексов к фиг. 161, в перспективной проекции на грани додекаэдра	131, **223**, 224, 316
26	174	Крист. **75.** Схематическое изображение без искажения. Дополнение к фиг. 168 и накладной фиг. 168	131, **225**, 226, 233
26	175	Крист. **78.** Картина световых рефлексов к фиг. 165, в перспективной проекции на грани куба, с буквенным обозначеоием полос в рефлексе	131, **233**, 234
26	176	Крист. **80.** Картина световых рефлексов гемиэдрического кристалла. Расслоенные полосы [**D**] и (**D**). В $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$ — яркие точки	129, 131, 222, **235**, 236
26	177	Крист. **81.** Картина световых рефлексов. Резкие полосы [**D**] и короткие [**B**] в $\mathbf{p}^1$ и $\mathbf{p}^3$, отсутствующие в $\mathbf{p}^2$ и $\mathbf{p}^4$	131, **236**
26	178	Крист. **79.** Картина световых рефлексов. Полосы (**D**). Полосы [**B**] почти исключительно в зоне $\mathbf{p}^1\mathbf{c}\mathbf{p}^3$	131, 222, **234**, 235, 265, 316

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
27	179	Крист. **82.** Сложное тело *ро-ра*	237, **238**
27	180	Крист. **83.** Проекция образования (**d**) со вздутиями поверхности на **р**	184, 190, 195, 224, 235, 237, **239**, 240, 242
27	181	Крист. **83.** Грань додекаэдра со вздутиями и бороздками	235, 237, **239**, 240, 242
27	182	Крист. **84.** То же. Бороздки в меньшем числе и не так глубоки	190, 195, 235, 237, 239, 240, **241**, 242
27	183	Крист. **85.** Додекаэдр (**d**) с размытыми остатками поверхности со вздутиями	224, 237, 239, 240, **241**, 243
27	184	Крист. **84.** Сходен с изображениями на фиг. 181, 182	**241**
27	185	Крист. **86.** Алмазный шар с шероховатой поверхностью. См. также фиг. 186—188	237, **243**
27	186	Крист. **86.** Поверхность шарика борта, зарисованная под микроскопом приблизительно параллельно **d**	237, **243**
27	187	Крист. **86.** То же со стороны куба	**243**
27	188	Крист. **86.** То же со стороны октаэдра	**243**
28	189	Крист. **83.** Картина световых рефлексов. Расслоенные полосы (**D**), соответствующие поверхности со вздутиями	**239**, 240, 243
28	190	Крист. **86.** Картина световых рефлексов. Короткие полосы [**D**]. Большие световые поля вокруг точек **р**. Картина роста	**243**, 244
28	191	Крист. **91.** Картина световых рефлексов верхней части кристалла. Полосы (**D**) и [**D**]. Последние незначительны	**248**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
28	192	Крист. **91.** Картина световых рефлексов нижней части кристалла. Преобладают полосы [**D**], при бледных полосах (**D**)	**248**
28	193	Крист. **92.** Картина световых рефлексов гемиморфного кристалла. Проекция верхней половины кристалла с фиг. 201. Справа сверху — полосы роста [**D**], слева внизу — полосы растворения (**D**)	**248,** 249
28	194	Крист. **100.** Картина световых рефлексов октанта II. Расщепленные полосы (**D**) с пустыми зональными областями **pdp**	78, **256,** 257
29	195	Крист. **87.** Шарик борта, заключающий в себе октаэдр с острыми ребрами	**244,** 245
29	196	Крист. **88.** Участок поверхности шарика борта по зарисовке под микроскопом. Несколько схематизировано	237, **245**
29	197	Крист. **89.** Алмазный шар с углублениями на местах граней куба	**247**
29	198	Крист. **90.** Октаэдрическая грань с новообразованиями загадочного происхождения	237, **247**
29	199	Крист. **90.** Часть той же грани по зарисовке под микроскопом	237, **247**
29	200	Крист. **91.** Гемиморфное образование. Вверху (**d**), внизу **p**	132, 237, **248,** 249, 277
29	201	Крист. **92.** Гемиморфное образование. Слева (**d**), справа **p**	237, **248,** 277
29	202	Крист. **106.** Фотоснимок, приблизительно со стороны грани **p**	**268,** 269
30	203	Крист. **93.** Додекаэдр (**d**), укороченный по одной из осей **p**	132, **249,** 250

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
30	204	Крист. **96.** Кристалл, вытянутый по ребру октаэдра	249, **253**, 254
30	205	Крист. **94.** Додекаэдр (**d**), вытянутый по оси **p**	89, 90, 132, 249, **251**, 252
30	206	Крист. **97.** Вытянут, как на фиг. 204. Образование растворения	132, 249, **254**
30	207	Крист. **95.** Вытянут, как на фиг. 205. На рисунке ось удлинения стоит вертикально	89, 90, 132, 249, **251,** 252
30	208	Крист. **99.** Скелетное образование роста, закругленное растворением	249, **255**, 256
30	209	Крист. **100.** Изъеден растворением и размыт. Для ориентировки на рисунке прерывистой линией показан октаэдр	78, 249, **256,** 257
30	210	Крист. **106.** Фотоснимок, приблизительно со стороны грани (**d**)	**268**, 269
31	211	Крист. **99.** Картина световых рефлексов тела *ро-ра*, полосы [**D**], (**D**), [**B**], (**A**)	**255**, 256, 270
31	212	Крист. **106.** Картина световых рефлексов. Поля (**CE**) с краевыми дугами. Намечаются полосы [**B**]	**268**, 270
31	213	Крист. **106.** Фотоснимок, приблизительно со стороны грани **c**	**268**, 269
31	214	Крист. **104.** Схематическое изображение к фиг. 222	**265**
31	215	Крист. **106.** Разрез двух граней (**d**) с углублениями. Схематическое изображение	**268,** 269
31	216	Крист. **106.** Кубический облик. Входящие грани (**d**), покрытые бугорками травления по длинной диагонали. Слабые признаки граней **c.** Образование растворения	184, **268**, 269, 270, **271**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
31	217	Крист. **107.** Сходен с предыдущим, но грани (**d**) менее углублены; образования (**c**) больше	219, 256, 269, **271**
32	218	Крист. **102.** Октаэдр с надпилами на ребрах. Новообразования роста — в желобках	**259**, 260, 262, 264, 268
32	219	Крист. **101.** То же с бугорками травления в желобках	75, 229, **259**, 260, 261, 262, 267, 277
32	220	Крист. **105.** То же. Желобки переходят в широкую грань [**d**]. Грани **p** выступающие, на пластинках	229, 258, 259, 260, 264, **267**
32	221	Крист. **103.** Сходен с крист. **102** (фиг. 218); явления роста несколько иного характера	70, 132, **263**, 264, 267, 268
32	222	Крист. **104.** Сходен с предыдущим. Искажен по оси **p.** Объяснением может служить схематическое изображение на фиг. 214.	132, 225, 259, 260, **265**, 267
32	223	Крист. **103.** Картина световых рефлексов. Между полосами [**D**] и дугами (**E**) заключено световое поле	229, 262, **263**, 264
32	224	Крист. **104.** Картина световых рефлексов, сходная с предыдущей	229, 262, 264, **265**, 266, 268
32*	218	Крист. **102.** Разложение фиг. 218 на два тетраэдра с допущением наличия крестообразного двойника прорастания по закону Розе	**259**, 260, 262
32*	219	Крист. **101.** То же для фиг. 219	**259**, 262
32*	221	Крист. **103.** То же для фиг. 221, с буквенным обозначением граней	70, 262, **263**, 264
32*	222	Крист. **104.** То же для фиг. 222, с буквенным обозначением граней	262, **265**, 266

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
32*	223	Крист. **103.** Картина световых рефлексов черного тетраэдра, изображенного на фиг. 221, с допущением наличия двойника по закону Мооса—Розе	132, 260, 262, **263**, 264
32*	224	Крист. **104.** То же к фиг. 222	132, 262, **265**
33	225	Крист. **109.** Картина световых рефлексов октаэдрического двойника по шпинелевому закону. Исключительно полосы [**D**]. Гномоническая проекция на **c**	168, **275**, 276
33	226	Крист. **109.** То же в схематическом виде	168, **275**, 276
33	227	Крист. **110.** Такая же картина световых рефлексов, состоящая из округлых полос (**D**)	**276**
33	228	Крист. **111.** Сходная картина световых рефлексов, состоящая из полос (**D**) и [**D**]. Прерывистая линия и буквы даны для сравнения с накладной фиг. 235	**276**, 277
33	229	Крист. **115.** Картина световых рефлексов в перспективной проекции на грани додекаэдрического двойника. Ср. фиг. 238. Стрелки указывают направление предполагаемых потоков *pa* и *po-pa*.	**279**, 280
34	230	Крист. **108.** Схематическое изображение октаэдрического двойника по шпинелевому закону	272, **275**
34	231	Крист. **108.** Октаэдрический двойник. Образование чистого роста	**47**, **73**, **275**
34	232	Крист. **109.** Октаэдрический двойник с регенерировавшими входящими углами	**73**, **275**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
34	233	Крист. **112**. Плоский кристалл со швом	73, **277**
34	234	Крист. **110**. Нарастание слоев на двойнике. Октаэдр со спайными трещинами, закругленными растворением	**276**
34	235	Крист. **111**. Двойник, состоящий из додекаэдра (**d**) и октаэдра с пластинками роста	73, **276**
34	236	Крист. **113**. Двойник комбинации **p**, [**d**], (**c**), слегка закругленный растворением	49, **278**
34*	230	Крист. **108**. Разложение схематического двойника на „красный“ и „синий“ индивиды	**275**
34*	232	Крист. **109**. То же к фиг. 232	**275**
34*	233	Крист. **112**. То же к фиг. 233	**277**
34*	234	Крист. **110**. То же к фиг. 234	**276**
34*	235	Крист. **111**. То же к фиг. 235. Прерывистая линия и буквенные обозначения даны для сравнения с фиг. 228	**276**, 277
34*	236	Крист. **113**. То же к фиг. 236	**278**
35	237	Крист. **114**. Стереографическая проекция полос в рефлексе на двойниковую плоскость. Полосы (**D**). На месте плоскостей срастания видны полосы (**D**)	**278**
35	238	Крист. **115**. Такая же проекция в меньшем масштабе. Прекрасно образованные полосы (**D**). На месте плоскостей срастания появляются полосы (**F**)	**279**
35	239	Крист. **118** и **119**. Схематическое изображение экваториальной гряды у кубических крестовидных двойников прорастания. Средняя часть	**283**, 285, **288**, 289, 290, 292, 293, 301, 302

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
35	240	Крист. **118** и **119**. То же. Вся нижняя сторона	**283**, 285, **288**, 289
35	241	Крист. **118**. Картина световых рефлексов; стереографическая проекция на плоскость двойникования, совпадающую с основным кругом. Поля (**CE**), полосы (**A**), [**B**], (**F**). Резкие полосы [**D**], отвечающие новообразованиям в экваториальном надпиле	93, **283**, 286, 291, 292
35	242	Крист. **118** и **119**. Схематическое изображение картины световых рефлексов „синего" индивида (фиг. 241) в проекции на грани куба, с буквенным обозначением полос	**283**, 286, **288**
36	243	Крист. **114**. Двойник по шпинелевому закону. **p** с (**d**)	49, **278**, 307
36	244	Крист. **115**. Двойник по шпинелевому закону. Округлые додекаэдрические индивиды с новообразованиями на границе срастания	73, 273, **279**, 307
36	245	Крист. **116**. Плоский двойник по шпинелевому закону, состоящий из граней (**d**)	272, **280**
36	246	Крист. **117**. Двойник по шпинелевому закону. Округлые грани (**d**) с ямками высверливания в вершинках **p**	38, 93, 214, **281**
36	247	Крист. **118**. Гексаэдрический крестовидный двойник прорастания с экваториальной грядой в качестве новообразования	73, 82, 278, **283**, 286, 292, 295, 298, 299, 300, 301, 302
36	248	Крист. **118** и **119**. Схематическое изображение фиг. 247, с обозначением надпилов и их стенок	**283**, 285, **288**, 301

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
36*	243	Крист. **114.** Разделение индивидов двойника при помощи разной окраски	**278**
36*	244	Крист. **115.** То же	**279**, 280
36*	245	Крист. **116.** То же	**280**
36*	246	Крист. **117.** То же	**281**
36*	247	Крист. **118.** То же	**283**, 285
36*	248	Крист. **118** и **119.** Схематическое изображение кубического двойника с ямками травления	**283, 288**
37	249	Крист. **118.** Схематическая стереографическая проекция полос (**D**) крестовидного двойника прорастания на плоскость двойникования. Ср. с фиг. 241, 250, 252, 261 и с накладной фиг. 265	**283**, 286, 291, 300
37	250	Крист. **119.** Часть картины световых рефлексов, сходной с фиг. 241	93, 287, **288**, 289
37	251	Крист. **118** и **119.** Вертикальный (схематический) разрез двойника фиг. 247	**283, 288**, 295, 296, 297, 298
37	252	Крист. **120.** Картина световых рефлексов, сходная с фиг. 241, состоящая из полос (**D**), [**B**] и (**F**)	**291**, 295, 299
37	253	Крист. **121.** Детализация фиг. 259. Новообразования роста из октаэдрических пластинок на границе обоих индивидов	37, 87, **295**, 296
37*	249	Крист. **118.** Полосы (**F**) синего индивида (схематизированные). Буквенные обозначения точек граней	71, **283**, 286, 287, 290
37*	253	Крист. **121.** Разделение индивидов двойника при помощи разной окраски	**295**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
38	254	Крист. **118** и **119.** Схематическое изображение одной грани с ямками травления	**283,** 285, 287, **288,** 291
38	255	Крист. **118** и **119.** То же с обыкновенной ямкой травления	**283,** 287, **288**
38	256	Крист. **118** и **119.** То же, ямка травления стала несимметричной вследствие одностороннего стока	280, **283,** 287, **288**
38	257	Крист. **120.** Крестовидный двойник прорастания, состоящий из двух кубов, сильно измененных растворением. Глубокие надпилы на границе соприкосновения обоих индивидов	74, 194, **291,** 292, 293, 295, 296, 298, 299
38	258	Крист. **118** и **119.** Схематическое изображение ямки травления на меридиональной грани **c**	**283, 288,** 290
38	259	Крист. **121.** Крестовидный двойник прорастания, сильно размытый, со скульптурой растворения	87, 215, **295,** 296, 297, 298, 302
38	260	Крист. **122.** Сложный кристалл со сложными новообразованиями	**300**
38*	254	Крист. **118.** Схематический рисунок. Индивиды двойника различаются по цвету	**283,** 285
38*	255	Крист. **118.** Рефлексы, отвечающие ямкам травления на **c**, с буквенными обозначениями и указанием направления потоков	**283,** 287, 288
38*	256	Крист. **118.** То же в случае одностороннего стока	**283,** 288, 290
38*	257	Крист. **120.** Разделение индивидов двойника при помощи разной окраски. Буквенное обозначение граней	**291,** 293

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
38*	259	Крист. **121.** То же. Поле XX показано в увеличенном виде на фиг. 253	87, **295,** 296
38*	260	Крист. **122.** То же. С обозначением направления потоков и буквенным обозначением граней	**300,** 301
39	261	Крист. **121.** Картина световых рефлексов в стереографической проекции на плоскость двойникования. Отдельные неправильные световые полосы и световые поля. Они становятся понятными при сравнении с фиг. 249. Основной круг соответствует полярному расстоянию $\rho = 90^\circ$	87, **295**, 300
39	262	Крист. **123.** Деталь картины световых рефлексов фиг. 264 в увеличенном виде, с буквенным обозначением точек граней	246, **303**, 304, 305, 306
39	263	Крист. **124.** Картина световых рефлексов шестерника на общую грань **d** циклически расположенных индивидов. Стереографическая проекция полосы $_3$(**B**), около полюса еще полоса [**D**]	246, **306**, 307
39	264	Крист. **123.** Сходная картина, только с полосами [**D**]	246, **303**, 304, 305
40	265	Крист. **122.** Картина световых рефлексов, сходная с фиг. 241. Буквенные обозначения даны для сравнения с накладной фиг. 260 (разделение индивидов при помощи разной окраски — с накладной фиг. 265)	**300**, 302, 303

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
40	266	Крист. **123.** Проекция шестерника на общую грань циклически расположенных индивидов. Резко выраженное образование роста	133, 263, **303**, 304
40	267	Крист. **123.** Перспективная картина к фиг. 266. Общая ось стоит вертикально	73, 133, **303**, 305
40	268	Крист. **124.** Проекция шестерника, как на фиг. 266. Образование растворения с растущими новообразованиями	73, 133, **306**, 307
40	269	Крист. **124.** Перспективное изображение к фиг. 268	73, **306**, 307
40*	265	Крист. **122.** Стереографическая картина световых рефлексов индивидов, различаемых по окраске	64, **300**
40*	266	Крист. **123.** Индивиды шестерника, разделенные при помощи разной окраски	**303**, 304
40*	267	Крист. **123.** То же	**303**, 304
40*	268	Крист. **124.** То же	**306**, 307
40*	269	Крист. **124.** То же	**306**
41	270	Схематическое изображение треугольников роста и растворения на наружной и внутренней сторонах октаэдрической спайной таблички	**310**, 311
41	271	Крист. **125.** Картина световых рефлексов. (Гномоническая проекция на **p**). К опыту травления 1	**311**, 312
41	272	Крист. **126.** Картина световых рефлексов. (Гномоническая проекция на **p**). К опыту травления 2. Вторая стадия. Картина отвечает ямкам травления	311, **312**, 313

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
41	273	Крист. **126.** Та же картина световых рефлексов в гномонической проекции на **c** в положении октанта II	**312**, 313
41	274	Крист. **127.** Картина световых рефлексов спайной поверхности до травления. К опыту травления 3. (Гномоническая проекция на грань **p**)	311, **313**, 314, 315
41	275	Крист. **127.** Картина световых рефлексов после травления. Как на фиг. 274. Опыт травления 3. Первая стадия	311, **313**, 314, 315
42	276	Крист. **125.** Поверхность после травления. Опыт 1	258, **311**
42	277	Крист. **126.** Поверхность спайной таблички при опыте 2. Первая стадия. Отчетливо выраженные треугольные ямки травления	153, 311, **312**
42	278	Крист. **126.** Ямки травления с фиг. 277 в увеличенном виде	153, **312**
42	279	Крист. **78.** Природные ямки травления на гранях **p**	**233**, 313, 316
42	280	Крист. **126.** Искусственные ямки травления на гранях **p.** Опыт травления 2. Вторая стадия	153, **312**, 313
42	281	Крист. **126.** Опыт травления 2. Вторая стадия. Спайная табличка после травления, с ямками травления	153, 311, **312**, 313
42	282	Крист. **130.** Ямки травления на **p.** Опыт травления 6. Первая стадия	**316**
42	283	Крист. **130.** Ямки травления на **p.** Опыт травления 6. Первая стадия	**316**
42	284	Явления травления по Розе (1872)	241, 314
42	285	Ямки травления на **p,** по Розе (1872)	**312**

Продолжение

Табл.	Фиг.	Объяснение	Страницы в тексте
42	286	Ямки травления на **p**, по Розе (1872)	**312**
43	287	Крист. **127.** Картина световых рефлексов спайной таблички после травления. Опыт травления 3. Вторая стадия. (Гномоническая проекция на грань **p**)	258, 311, **313**, 314
43	288	Крист. **128.** Такая же картина световых рефлексов. Опыт травления 4. Вторая стадия	258, 311, **315**
43	289	Крист. **129.** Картина световых рефлексов октаэдра с штриховкой [**d**] до травления	**315**
43	290	Крист. **129.** Картина световых рефлексов того же кристалла после травления. В распределении полос ясно выражена гемиэдрия	131, 234, 235, **315**, 316
43	291	Крист. **131.** Картина световых рефлексов природных ямок травления. (Гномоническая проекция на грань **p**)	310, 311, **318**
43	292	Крист. **131.** Плоский двойник с природными ямками травления на грани октаэдра	38, 153, 233, **318**, 319

АЛМАЗ „ШАХ"



1

Среди драгоценностей бывшей русской короны известно два крупных алмаза, принадлежащих к историческим образцам этого минерального вида в отношении чистоты, тона и величины. Это так называемые в литературе алмазы „Шах“ и „Орлов“.[1] С обоими связан ряд разнообразных легенд; их описание у некоторых авторов приобретает совершенно фантастический характер, а научная характеристика обычно основывается на словесном описании внешнего вида неспециалистами.

Ввиду этого представляет интерес дать точное описание этих двух исторических камней и в первую очередь „Шаха“, форма которого казалась настолько загадочной, что были даже предположения, что это не алмаз, а какой-то другой минеральный вид.

До сих пор мы имели в литературе три изображения „Шаха“: одно, очень грубо схематизированное, без борозды, приводится в большинстве изданий как популярных, так и полунаучных, посвященных драгоценным камням; таковы рисунки даже у Клюге[2] и Бутана.[3] Второе изображение,

---

[1] В следующей статье будет дано описание „Орлова“ [[1]], очевидно, идентичного с историческим алмазом „Великий Могол“.

[2] C. Kluge. Handbuch d. Edelsteinkunde. Leipzig, 1860, 248, Taf. IX, 137.

[3] M. Boutan. Le diamant. Paris, 1886, 298.

наиболее приближающееся к истине, мы находим у Г. Розе,[1] Кокшарова,[2] Пыляева,[3] М. Бауэра[4] и некоторых других.

Я не говорю о третьем изображении, передающем кристалл „Шах“ в виде какой-то прямоугольной коробочки, приводимом в ряде популярных изданий.[5]

Не лучше обстоит дело с описанием самого камня и историей его надписей.

Первое правильное и сколько-нибудь детальное описание „Шаха“ дал знаменитый Г. Розе, возвращение которого в Петербург из его уральского путешествия по времени как раз совпало с подношением этого камня русскому царю от персидского шаха (1829). Благодаря любезности князя Волконского Розе как будто бы имел возможность видеть алмаз; я указываю — как будто, ибо текст Розе не совсем ясен, и из него лишь очевидно, что свой рисунок и свое описание он составил не по камню, а по свинцовой модели, переданной ему;[6] осторожно он описывает и воду камня, из чего можно заключить, что Розе видел камень весьма поверхностно и не мог непосредственно подвергнуть его исследованию. Тем не менее, он дал совершенно правильный рисунок, кристаллографически правильно расположил грани кристалла, правильно, хотя и поверхностно, описал его надписи и лишь ошибся в цвете, приравняв его по чистоте воды к „Орлову“.

Кокшаров точно передал в своих материалах правильные указания Розе, но Пыляев уже в первом издании своей книги допустил ряд неточностей, отметив „безукоризненную воду и совершенную бесцветность“ и упомянув, что „на гранях

---

[1] G. Rose. Reise n. d. Ural. Berlin, 1837—1842, 1, 50—51, Taf. I, Fig. 7—9.

[2] N. Kokscharov. Materialien z. Miner. Russlands. 1866, 5, 384.

[3] М. Пыляев. Драгоценные камни. СПб., 1877, 1, 65.

[4] M. Bauer. Edelsteinkunde. Leipzig, 1909, 315.

[5] Например: W. R. Catelle. The diamond. L.—N. Y., 1911.

[6] Вторая свинцовая модель „Шаха“ и модель „Орлова“ были переданы в Академию Наук; где они находятся в настоящее время, неизвестно.

его еще заметны надписи, которыми он когда-то был покрыт“, вложив в эту фразу некоторую неуверенность в их сохранности.

Данные Розе были повторены и в прекрасной книге Клюге (1860), но почему-то рисунок, помещенный последним, взят не из Розе, а является тем первым, совершенно ошибочным изображением, которое дает камень без борозды.

Этот же рисунок находим мы в книге Бутана (1886), который в своем описании делает ряд ошибок, относя передачу камня в Россию к 1843 г., придавая ему вес в 95 каратов и отмечая три надписи, неверно цитируемые. К тому же Бутан указывает, что „камень весил 95 каратов, но потом был слегка перегранен, потерял при этом свои надписи и как будто сохранил легкую борозду, которая, казалось, предназначалась для прикрепления веревочки, на коей камень держался; при этом его вес был сведен до 86 каратов“.

Это неверное указание входит в новейшую литературу, и Бауэр, связывая правильные сообщения Г. Розе, присоединяет к ним неверные данные Бутана, этим еще более запутывая вопрос.

Между тем, для правильного суждения о камне и его истории мы имеем нижеследующий материал.

1. Самый камень с тремя прекрасно сохранившимися старыми надписями и датами.

2. Принадлежащее путешественнику Тавернье очень любопытное описание драгоценностей Великого Могола, которое частично касается „Шаха“.

3. Выписку из описи драгоценностей бывшего Кабинета за 1898 г.,[1] которая гласит (№ 38/37): „Солитер Хозрев-Мирза неправильной фаусты — $86^7/_{16}$ карата. Поднесен в 1829 г.

---

[1] № 37. Дело Кабинета е. и. в. Камерального отделения: О высочайше утвержденных правилах для хранения императорских регалий и коронных драгоценностей в Бриллиантовой комнате Зимнего дворца и о составлении описи и оценки этих драгоценностей, стр. 24.

персидским принцем Хозрев-Мирзой и доставлен для хранения от г. министра имп. Двора при письме за № 3802“.[1]

2

Привожу кристаллографическое описание „Шаха“ на основании моих измерений.

Вес камня оказался равным $88^{70}/_{100}$ метрического карата, и весьма вероятно предположение, приводимое Бутаном, что до огранки он весил 95 старых каратов.

Как выше указано, в описи его вес показан в старых каратах $86^{7}/_{16}$, что при пересчете на метрические караты дает приблизительно цифру, полученную нами при взвешивании. Надо иметь в виду, что величина старых каратов весьма изменчива в разных странах и в разное время, поэтому, пытаясь вычислить ее путем сравнения весов отдельных камней, записанных точно в кабинетских описях и взвешенных нами, мы получаем для отношения старых и метрических каратов цифры различные. Так, в данном случае для „Шаха“ мы получаем старый карат равным 205.13 мг, для большого алмаза державы 204.50, для некоторых изумрудов 205.4 и т. д. Это вполне понятно, так как в старые описи вошли цифры, впи-

[1] Дальнейшие архивные изыскания в этом направлении производятся. В делах бывш. Камерального отделения Кабинета е. и. в. за 1893 г. Д. В. Юферов нашел довольно любопытную переписку, связанную с запросом проф. Балля из Дублина. Занимаясь историей наиболее известных драгоценных камней, Балль обратился к герцогу Эдинбургскому и через него к русскому послу в Англии с запросом, какие исторические материалы имеются по вопросу об „Орлове“, „Шахе“ и „Таблице“ русского Двора. При этом Балль сообщил ряд малоценных данных, известных ему относительно этих камней. В ответе министерства по данному вопросу отмечено: „Ни в общем архиве Министерства Двора, ни в делах Камерального отделения Кабинета е. в. никаких исторических сведений, дополняющих данные, изложенные в записке проф. Балля, не оказалось. . . Розыски в имп. Публичной библиотеке не дали никаких новых положительных сведений. . .“ (Архив Двора, № 53/2193, д. № 1.4 К, № 6199). См. также сводку литературы: E. W. S t r e e t e r. The great diamonds of the world. London, 1882 (мне не доступна).

санные в разное время с разных счетов продавцов, и потому такая пестрота соотношений неизбежна.

Величина старого карата в $205^{13}/_{100}$ мг, получаемая нами для „Шаха“, ближе всего подходит к старому лейпцигскому карату в 205 мг, но в общем ниже большинства широко употреблявшихся ранее старых каратов Лондона, Парижа, Берлина и т. д.

Цвет и вода камня ни в коем случае не могут считаться первоклассными и безукоризненными, как это часто отмечается в литературе. В противоположность действительно бесподобной, слабо зеленовато-синеватой воде „Орлова“, „Шах“ характеризуется белою водою с желтовато-бурым оттенком. Нет никакого сомнения, что часть этого оттенка обязана самой поверхности алмаза, местами содержащей трещинки с буроватым веществом (окислами железа). Несколько тонких волосных трещинок-перьев со светлобуроватым отблеском наблюдаются и в глубине самого кристалла. Однако нет никакого сомнения, что и помимо этой причины цвет алмаза носит характер тех чисто белых с легким желтоватым надцветом оттенков, какие нам известны в индийских камнях.

Правда, что чистота камня поразительна, и в этом отношении действительно его прозрачность можно считать безукоризненной.

С кристаллографической точки зрения „Шах“ представляет большой кристалл-октаэдр с обычным для алмаза закруглением его ребер, вытянутый по одному октаэдрическому ребру. Поэтому в грубой схеме он может быть представлен в виде удлиненной ромбической призмы, притупленной на концах двумя пирамидальными (доматическими) плоскостями.

Часть граней, как далее указано подробно, сохранилась совершенно нетронутою, часть заменена отшлифованными фацетами, но так, что в общей части все 8 граней октаэдра сохранились в природном виде (а не в виде плоскостей спайности, как это думает Бауэр), и восстановление октаэдра не представляет затруднений. Кроме того, четыре грани

октаэдра или замещающие их фацеты пересечены глубокою сплошною бороздою, а на трех отполированных поверхностях имеются прекрасно выполненные выгравированные надписи на персидском языке. Интересно отметить, что отполировка этих трех фацетов не одного возраста с надписями: так, бороздка несомненно сделана после двух из них и раньше третьей, что, как увидим, имеет большое историческое значение.

Скульптура природных граней очень интересна. Грани октаэдра не ровны, мягко округлы, покрыты неправильной формы перистыми деталями, в коих в лупу наблюдается сеть мелких треугольников, ориентированных обратно треугольной форме грани. Ребра между октаэдрами замещены округлыми поверхностями, необычайно блестящими, как бы гладко отполированными. Эти округлые ребра, особенно замечательны в направлении вытянутости кристалла. Любопытно отметить, что на середине их никогда не наблюдается того излома, который столь типичен на алмазах и изображен и изучен с большою детальностью в моей монографии [2]. Зато необычайно развито и правильно, как лезвие, ребро между двумя гранями округлых додекаэдров, т. е. ребро от точки куба к центру октаэдра. Иначе говоря, с точки зрения моей и Гольдшмидта теории образования кристаллов алмаза, мы имеем здесь ясно выраженные потоки роста, идущие от точки куба к другой точке куба и наоборот.

В общем при наблюдении кристалла поражает блеск его природных граней и природных ребер, несколько напоминающий блеск окатанных южноафриканских камней из „речных долин“; однако при внимательном изучении скульптуры поверхности можно видеть, что вся она целиком сохранилась в виде нежночешуйчатого строения и что весь кристалл прорезан мельчайшими пластинками двойников, едва вырисовывающихся на поверхности граней в виде тончайших дуг.[1]

[1] Отчасти это явление, только в микроскопическом виде, изображено в моей и Гольдшмидта монографии: табл. 12, фиг. 86 и 87 [3].

При внимательном изучении поверхности, под ней, на расстоянии около 1 мм, наблюдается сеть волосных коротеньких трещинок, идущих параллельно одной из плоскостей спайности.

Описание отдельных граней, изображенных на рис. 1 и 2 в натуральную величину, можно свести к нижеследующему (при этом номера граней природного октаэдра выделены жирным шрифтом).

Грань *1*. Длина 24 мм, высота 11. Грань *1* отполирована вместе с *1*, *б*, частицею той же грани по другую сторону борозды. Под небольшим углом маленькая фацетка *1*, *а*.

Грань *2*. Отполированная грань с маленькою фацеткою *2*, *а*, почти в той же плоскости. По середине грани — небольшая идущая вглубь трещинка. Длина грани максимум 33 мм, ширина максимум 8.

Грань *3*. Природная октаэдрическая грань; *а* и *б* — небольшие отполированные, одновременно блестящие фацеты. Длина максимум 34 мм, ширина максимум 8 (грань октаэдра № **1**).

Грань *4*. Природная грань в месте гравировки подшлифована. Выгравирована в правом углу надпись (самая старая). Длина максимум 34 мм (грань октаэдра № **2**).

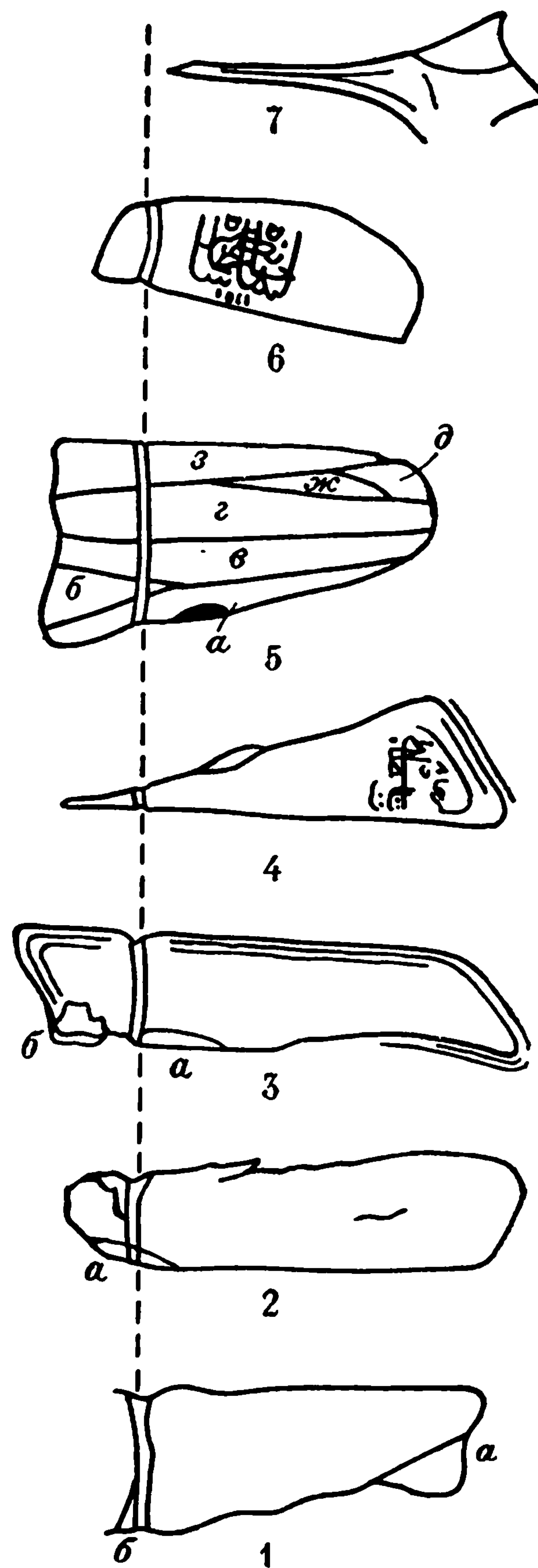


Рис. 1. Главные грани кристалла, развернутые в зоне (111) (001) (111), в натуральную величину.

Грань *5*. Ряд блестящих отполированных фацеток *а*, *б*, *в*, *г*, *з*. Кроме того, *д* и *ж* — одна фацетка, но часть *д*, повидимому, недоработана и исштрихована. Длина 27 мм, ширина максимум 16 мм.

Грань *6*. Отполированная грань с выгравированною надписью, второю по времени. Верхнее ребро по длине 23 мм.

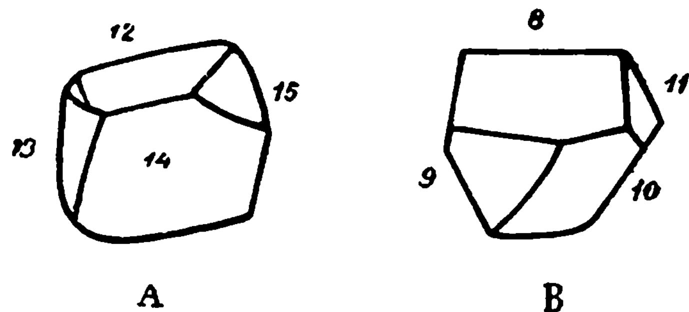


Рис. 2. „Головки“ кристалла (т. е. концы оси *Y*) в натуральную величину: **А** — с гранями *12—15*; **В** — с гранями *8—11*.

Грань *7*. Природная грань — округленное ребро октаэдра.

Величины углов, измеренные прикладным гониометром: *1*:*2*—85°; *2*:*3*—20°; *3*:*4*—73°; *4*:*5*—37°; *5*:*6*—70°; *6*:*1*—75° (сумма 360°).

Два конца вытянутой псевдопризмы ограничены гранями октаэдра, почти сохранившими свой природный облик (рис. 2).

Конец В

Грань *8*. Грань отполирована и выгравирована (третья по времени надпись).

Грань *9*. Природная грань октаэдра (№ **3**).

Грань *10*. Природная грань октаэдра (№ **4**).

Грань *11*. Природная грань октаэдра (№ **5**).

Конец А

Грань *12*. Природная грань октаэдра (№ **6**).

Грань *13*. Ребро октаэдра (см. грань *7*).

Грань *14*. Природная грань октаэдра (№ **7**).

Грань *15*. Природная грань октаэдра (№ **8**).

Таким образом, в общем мы насчитываем восемь граней октаэдра с частями округлых ребер и пятнадцать искусственно пришлифованных фацеток, из коих три очень невелики и примыкают с очень малым углом к трем другим, а семь составляют вместе целую группу отполированной поверхности, в моем описании обозначенную под общим номером грани *5*.

Перехожу теперь к выгравированным надписям и к борозде.

На кристалле имеются три превосходные персидские надписи несколько разного типа гравировки, прочтенные и объясненные академиком С. Ф. Ольденбургом (рис. 3).

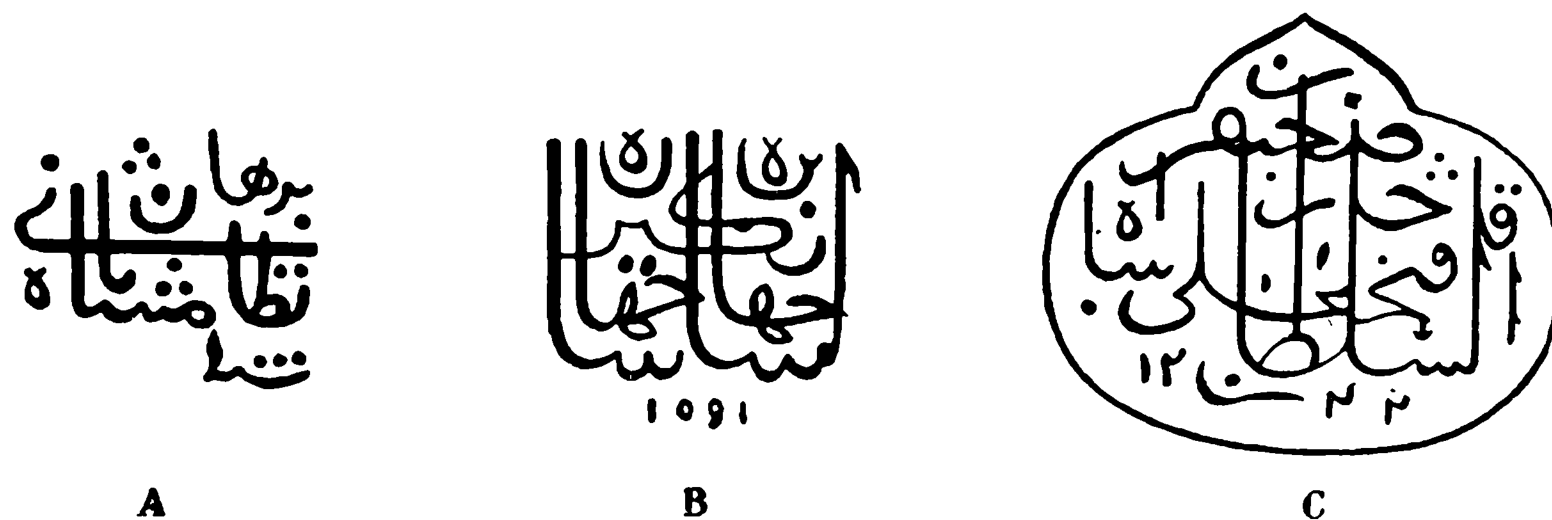


Рис. 3. Увеличенное изображение гравированных надписей. *А* — на грани *4*; *В* — на грани *6*; *С* — на грани *8*. Увелич. 2.8. По фотографиям, рисунку А. К. Фаберже и отпечаткам на сургуче.

А. На грани *4*. Самая старая по технике надпись, более грубая, но глубокая: „Бурхан-Низам-Шах второй. 1000 г.“: برهان نظامشاه ثانی سنه ۱۰۰۰

Пояснение: Правитель провинции Ахмаднагар. 1591 г. н. э.

В. На грани *6*. Красивая и тоже глубокая надпись: „Сын Джехангир-Шаха Джехан-Шах. 1051 г.“: ابن جهانکیر شاه جهان شاه ۱۰۵۱

Пояснение: Внук Акбара, один из Великих Моголов. 1641 г. н. э.

С. На грани *8*. Совсем иной работы, очень деланно красивая надпись в рамке: „Владыка Каджар-Фатх'али-Шах Султан. 1242 г.“: صحبقران قاجار فتحعلی شاه السلطان ۱۲۴۲

Пояснение: Шах персидский. 1824 г. н. э.

Что касается до борозды вокруг всего камня, то она совершенно исключительна по технике и правильности проведения. Глубокая, до $^1/_2$ мм, она представляет такой блестящий фокус техники, что надо удивляться тому, что она могла быть сделана еще в Индии в кустарной обстановке ограночного дела начала XVII в.[1]

[1] О гравировке на алмазе см.: U. F. Brückmann. Abhandlung von Edelsteinen. 2. Aufl., Braunschweig, 1773, 82.

3

Перехожу к исторической части описания „Шаха“.

История камня на основании его надписей и имеющихся литературных сведений может быть восстановлена в следующих чертах.

Первая дата на камне и надпись, связанная с ней, относит нас к владетелям автономной провинции Ахмаднагар, лежавшей на северо-запад от Голконды;[1] дата 1591 г. н. э. говорит нам о том, что камень был найден еще до конца XVI ст., т. е. значительно раньше того блестящего периода 1630—1660-х годов, когда, по данным Тавернье, на копях Голконды работали с большим успехом многие десятки тысяч рабочих. Точное месторождение камня остается неизвестным, однако близость Ахмаднагара к Голконде и ряд мелких признаков, а также и своеобразие воды заставляют относить камень с наибольшею вероятностью к этому богатейшему району центральной Индии. Конечно, нельзя не иметь в виду и того, что Ахмаднагар мог получать камни и из других алмазоносных областей, лежащих к востоку и северо-востоку от центральных провинций.

Вторая надпись переносит нас к владетелям империи Великих Моголов и относится к десятому поколению Тимура, внуку Акбара, сыну Джехангира, назвавшему себя именем Шах-Джехан, т. е. властителем мира. Он правил начиная с 1627 г., последние годы провел в заточении у сына, завладевшего его престолом, и умер в 1666 г. Дата 1641 г. относится к годам его владычества, еще до начала той ожесточенной борьбы с сыновьями, которая кончилась его заточением в темницу.

Сам Шах-Джехан был большим любителем и знатоком драгоценного камня; из мемуаров его отца мы узнаем, что

[1] См.: V. A. Smith. Akbar, the Great Mogul. Oxf., 1919, 56 и карта при этой странице; см. также стр. 246.

он имел собственную мастерскую, в которой сам занимался отборкою и огранкою камней.

Каким образом камень перешел от владетелей Ахмаднагара к Великим Моголам, мы не знаем и никаких непосредственных сведений по этому поводу пока нам не известно. Однако исторические данные рисуют нам следующую вероятную картину.[1]

В 1591 г., т. е. как раз в тот год, который отмечен на камне, Великий Могол Акбар отправил четыре посольства к владетелям отдельных провинций Декана, и в том числе в Ахмаднагар к Бурхан-Шаху. Эти посольства имели целью утвердить сюзеренные права Великих Моголов среди самостоятельных владетелей Декана. Однако в 1593 г. послы вернулись от Бурхана с неудовлетворительным ответом и слишком ничтожными подарками, среди которых было только 15 слонов и 5 драгоценностей. Акбар решил отправить военную экспедицию; он в 1595 г. подчинил себе Ахмаднагар и отобрал слонов и драгоценности. Вероятно, что в этом году Великие Моголы и завладели нашим камнем.

Сыну Шах-Джехана Ауренг-Зебу, насильно завладевшему престолом, не сразу удалось заполучить драгоценности своего отца; тот грозил скорее их уничтожить, чем отдать. Только благодаря содействию своей сестры Ауренг-Зеб получил часть из них, но главным богатством овладел лишь после смерти отца, частью в крепости Агре, частью от брата своего Дара-Шаха, которого после борьбы за престол приказал обезглавить.

О владении Ауренг-Зеба (т. е. украшении трона) и его богатствах мы имеем очень детальные сведения от извест-

---

[1] См.: V. A. Smith. Akbar, the Great Mogul, 1919, 247—249. Интересно отметить, что в 1616 г. во власть Джехангира перешла часть алмазных копей в районе провинции Бегар. См.: Memoirs of Jahangir (transl. by Rogers, London, 1909, 315). О том, что часть камней попала из Ахмаднагара через Ибрагим-Адил-Хана, см. также стр. 400.

ного путешественника Тавернье, который как раз в 1665 г. посетил алмазные копи и получил право не только осмотреть драгоценности Великих Моголов, но и описать и взвесить главнейшие камни.[1]

Драгоценности хранились в новой резиденции Джехан-абаде. Часть камней украшала трон властелина, другие хранились в особых ящиках. Тавернье в специальной главе описывает разложенные перед ним драгоценности, перечисляя самые значительные из них: большой алмаз „Великий Могол“ в $279^9/_{16}$ карата, большой алмаз грушевидной формы в 62 ратиса[2] весом и отдельные камни в 55—60 ратисов, розовый камень в 35 ратисов, жемчуга, рубины, шпинели (рубин-балле) и т. д.

В подробном описании этих камней указаний на „Шаха“ не содержится.

Гораздо интереснее для нас и важнее другая глава, в коей описывается трон Великих Моголов, украшать который начал еще Тимур. Трон был украшен огромным количеством драгоценных камней: 108 кабошонов благородной шпинели, из коих ни один не весил менее 100 каратов, около 160 изумрудов, каждый весом до 60 каратов, и большое количество алмазов.

Балдахин был тоже украшен драгоценными камнями, причем со стороны, обращенной ко двору (к присутствующим), висело украшение, в котором был подвешен алмаз весом от 80 до 90 каратов, окруженный рубинами и изумрудами, так что, когда властелин сидел на троне, он видел камень непосредственно перед собою. Не был ли это наш „Шах“, висевший как талисман между Великим Моголом и толпою народа? За это говорят весь контекст описания Тавернье,

---

[1] J. B. Tavernier. Les six voyages en Turquie, en Perse et aux Indes. 1692, **2**, 277, 266 и сл.

[2] Тавернье приравнивает ратис примерно $^7/_8$ нашего старого карата, что приблизительно составляет от 0.47 до 0.65 метрического карата.

вес камня, борозда, сделанная для подвешивания последнего, и особенная его роль, не только как украшения. Таким образом, многое говорит за то, что такое предположение правильно.

Далее история „Шаха“ теряется. Весьма возможно, что он попал в Иран, в Хорасан, а затем и в Тегеран, при шахе Надире, который в 1738 г. с запада надвинулся на Индию и завладел богатством Великих Моголов в Дели.

Третья надпись говорит нам уже о персидском шахе.

Последний этап — переход камня к русскому Двору — связан с событиями 1829 г. Убийство в Тегеране 30 января 1829 г. писателя А. С. Грибоедова — русского дипломата — грозило Ирану осложнениями, и, чтобы „умилостивить белого царя“, в Петербург был отправлен сын Аббаса-Мирзы принц Хосрев-Мирза, который в искупление вины должен был передать России одну из ценнейших вещей персидского Двора — „Шаха“. За кровь Грибоедова было заплачено алмазом...

Таким образом, наиболее вероятные исторические даты нашего камня следующие:

1. Находка до 1591 г.

2. 1591 г. Первая гравированная дата. Камень во владении Бурхан-Низам-Шаха второго в Ахмаднагаре.

3. 1595 г. Вероятная дата перехода камня к Великим Моголам (после овладения Ахмаднагаром).

4. 1641 г. Вторая гравированная дата. Камень во владении Великого Могола Шах-Джехана.

5. 1660 г. Вероятный переход камня к Великому Моголу Ауренг-Зебу после войны с отцом и захвата престола.

6. 1665 г. Дата осмотра камней Тавернье во дворце Ауренг-Зеба.

7. 1738 г. Вероятная дата захвата камня шахом Надиром и переноса алмаза в Иран.

8. 1824 г. Третья гравированная дата. Камень во владении персидского государя из Каджарской династии Фатх'али-Шаха.

9. 1829 г. Передача камня русскому Двору персидским принцем Хосрев-Мирзой после убийства Грибоедова...

4

Таким образом, алмаз „Шах“ представляет выдающийся интерес в нескольких направлениях. Во-первых, с ним связаны вопросы чисто кристаллографического характера, и „Шах“ является одним из наиболее замечательных и типичных индийских камней из россыпей, в общем ясно выраженной октаэдрической формы с округлыми ребрами.

Во-вторых, он является весьма любопытным благодаря своим историческим надписям, рисующим нам историю этого камня на фоне истории Индии. Наконец, значительный интерес связан в „Шахе“ с техникою гравировки, совершенно исключительной и мало понятной по своему совершенству, резкости и изяществу исполнения. В этом направлении нам известен только один еще камень „Акбар“, очевидно, относящийся к тому же времени, что и „Шах“, но совершенно не изученный и, повидимому, при перегранке действительно потерявший свою гравировку.

Москва.
Май 1922 г.

Объяснение таблицы

Фотографии в натуральную величину (И. Н. Александрова).

Фиг. 1. Грань *1* и слева грань *8* с выгравированною надписью *C*.

Фиг. 2. Грани *5*, *4*, *3* (сверху вниз) с выгравированною надписью *A*.

Фиг. 3. Грани *5*, *4* с выгравированной надписью *A*.

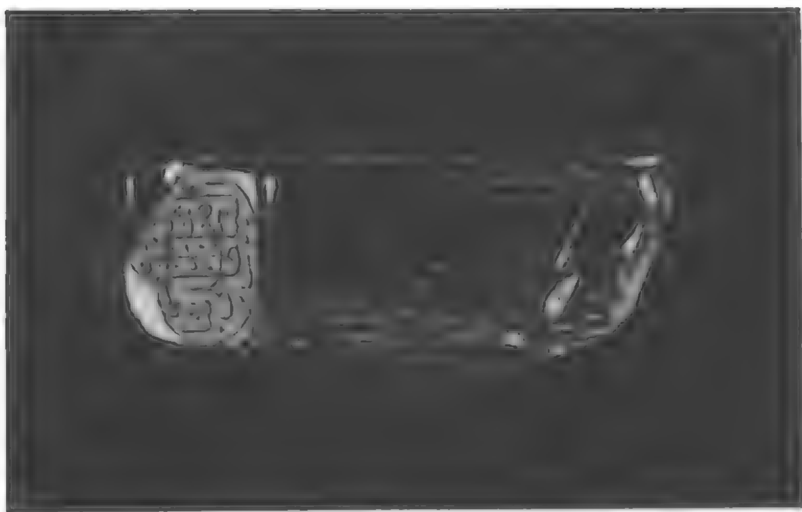
Фиг. 4. Грани *7*, *6* с выгравированною надписью *B*.

Фиг. 5. Левая головка (B) кристалла: наверху грань *8*, слева *9*, внизу *10*.

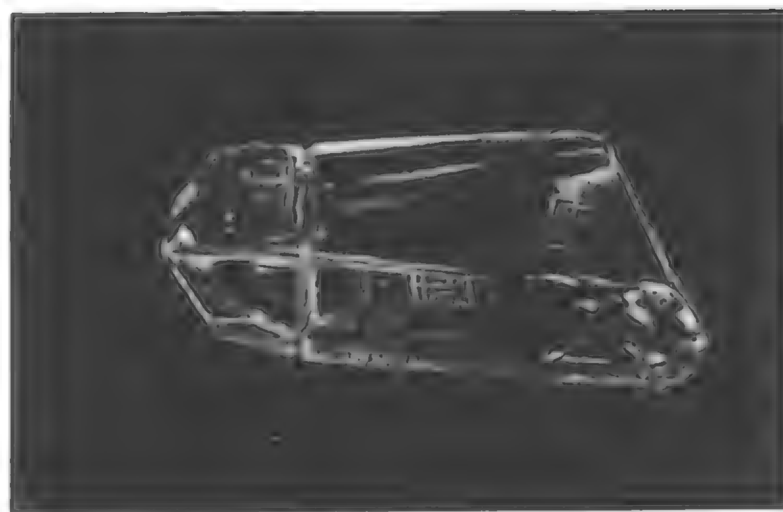
Фиг. 6. Правая головка (A) кристалла: посередине грань *14*, наверху *12*, слева *13*, справа наверху *15*.

Фиг. 7. Рисунок камня с гранями. Увелич. 3.5.

Фиг. 8. Контуры фиг. 7 в натуральную величину в близкой ориентировке.



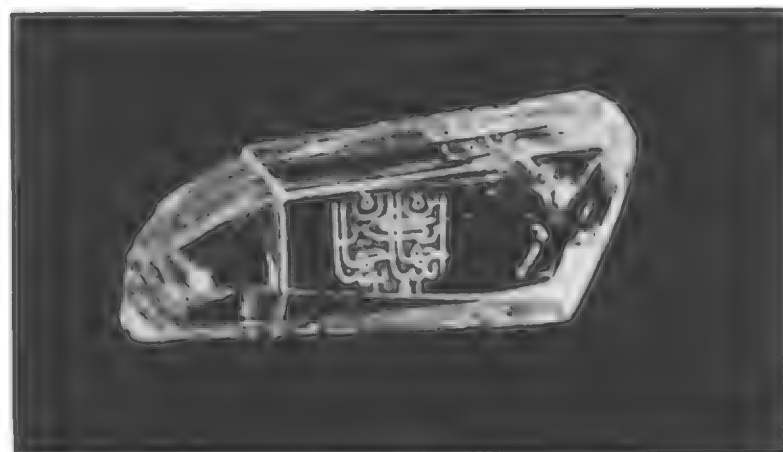
Фиг. 1.



Фиг. 2.



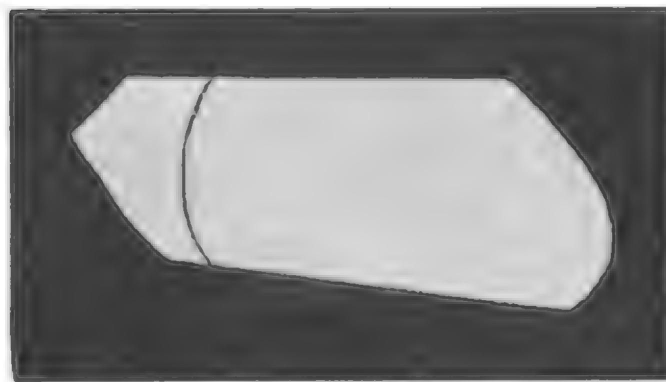
Фиг. 3.



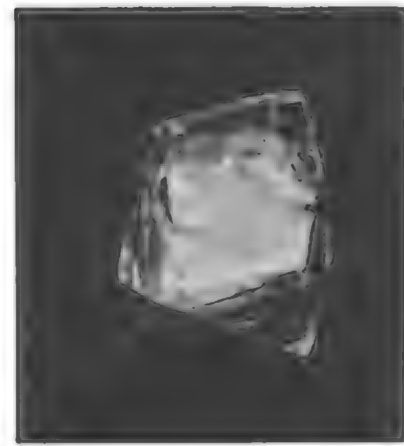
Фиг. 4.



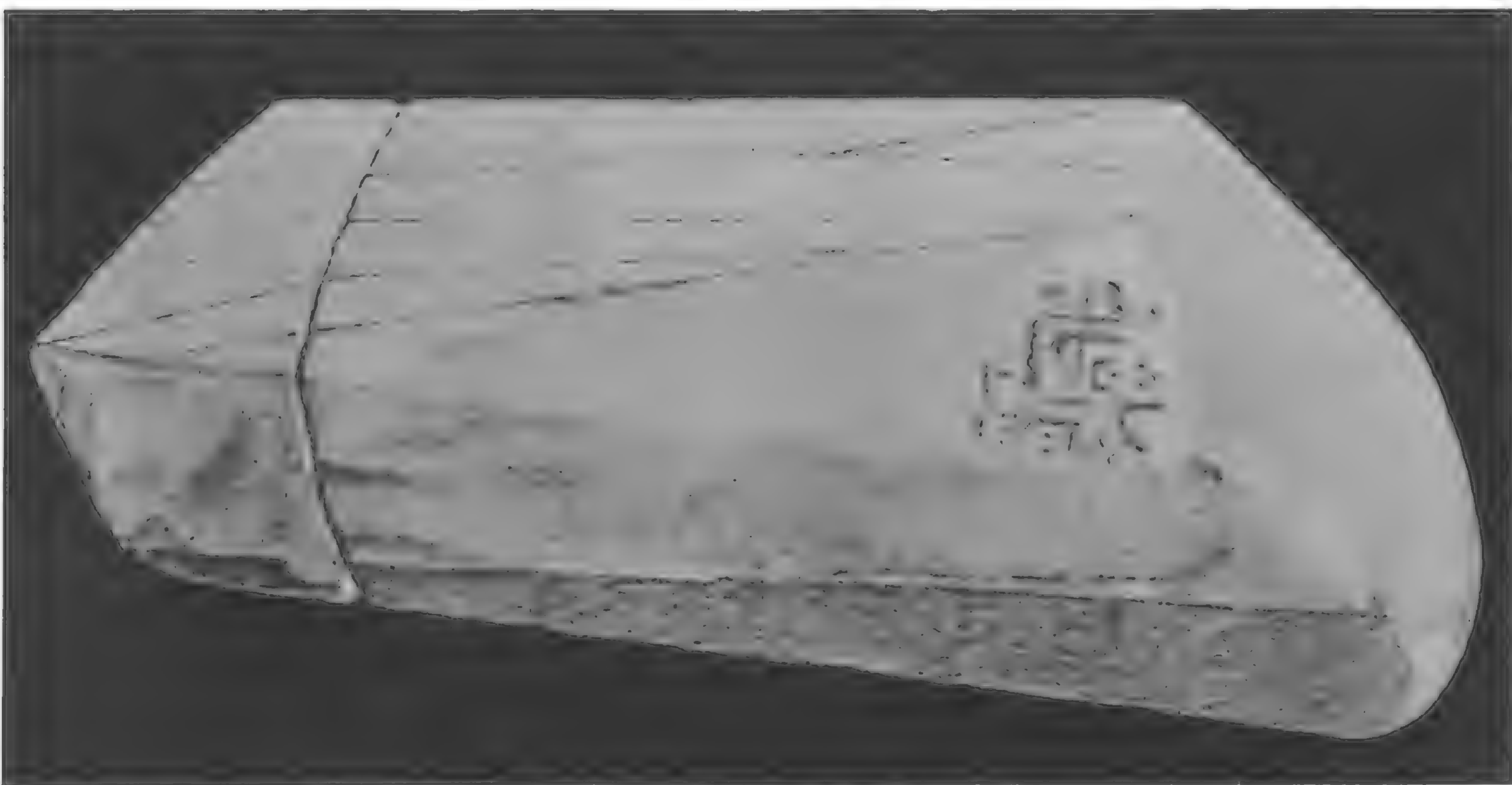
Фиг. 5.



Фиг. 8.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

ИСТОРИЧЕСКИЙ АЛМАЗ „ОРЛОВ"



В скипетре русских царей с конца XVIII ст. известен крупный алмаз, отмечаемый в литературе под именем „Орлов“ или „Амстердамский алмаз“, реже „Лазаревский алмаз“. Это исторический камень, о котором существует большая и притом весьма противоречивая литература, не позволившая до сих пор достаточно определенно восстановить как особенности его кристаллической структуры, так и историю его происхождения.

К сожалению, камень накрепко включен в серебряную оправу, опоясывающую его сплошным кольцом, и эта оправа не позволяет во всех деталях просмотреть некоторые части камня. Когда в 1912—1913 гг. была сделана первая попытка дать хотя бы внешнее описание регалий и драгоценностей, хранившихся в Бриллиантовой комнате Зимнего дворца, камень, по словам А. К. Фаберже, выпал из оправы, был взвешен и снова наглухо впаян в серебро. К сожалению, никаких точных дат и записей, относящихся к этому времени, не сохранилось.

ЛИТЕРАТУРНЫЕ ДАННЫЕ

Сведения о внешнем виде и описания „Орлова“ довольно многочисленны и мало точны, хотя его изображения в большинстве изданий по драгоценному камню в общем правильны и имеют своим первоисточником главным образом те две модели из свинца, которые были сделаны по камню в конце 20-х годов прошлого столетия (около 1829 г.) и одна из которых была подробно изучена известным Г. Розе. Как мы

увидим в дальнейшем, эта модель не вполне точна и дала повод к целому ряду недоразумений.

Г. Розе[1] дает очень краткое описание камня, не отмечает входящего угла в нем, указывая лишь на характер индийской огранки, связанной, по мнению Розе, с желанием при огранке как можно менее потерять в весе. Отмечает Розе и вес камня в $194^3/_4$ карата, исключительную чистоту, вкратце рассказывает историю его от шаха Надира до армянина Шафрасса и покупку его у последнего в 1772 г. ювелиром Лазаревым. В чертежах Розе бросается, однако, в глаза одна несуразность: в то время как сбоку у него „Орлов“ ограничен четырьмя зонами внизу квадратных, наверху треугольных фацеток, в рисунке „сверху“ таких зон у него пять, что в действительности ошибочно. Как мы увидим, характер верхней розетки на камне несколько иной, чем на рисунке Г. Розе. Зато величина камня и общие очертания его показаны совершенно правильно. Описание Г. Розе повторяет и Клюге в своей сводке 1860 г.,[2] но при этом дает более правильное изображение „Орлова“ с четырьмя зонами фацеток и правильно построенною верхнею розеткою.

Более подробно описывает „Орлова“ Бутан,[3] который резко отделяет камень от „Луны Гор“ и дает новый рисунок: в нем более или менее правильно нарисована верхняя розетка, три зоны треугольных фацеток, но почему-то совершенно ошибочно нанесена нижняя часть, т. е. четвертая зона, состоящая, как правильно отмечает Г. Розе, не из треугольных, а из четырехугольных, продолговатых фацеток.

Приблизительно такую же характеристику дает и Штритер.[4]

---

[1] G. Rose. Reise n. d. Ural. Berlin, 1837—1842, **1**, 50.

[2] C. Kluge. Handbuch d. Edelsteinkunde. Leipzig, 1860, 247, Fig. 136.

[3] M. Boutan. Le diamant. Paris, 1886, 291.

[4] E. W. Streeter. Precious stones and gems. 1884, 98. — E. W. Streeter. The great diamonds of the world. London, 1882, 84, Обе работы мне не доступны.

Столь же неверно и уже с новыми ошибками изображен „Орлов“ в книге Катель,[1] который зато приводит очень интересный критический обзор всех идей о происхождении „Орлова“ и о связи его с „Великим Моголом“ и с „Луною Гор“.

Наконец Бауэр в своей „Edelsteinkunde“[2] и Н. Кокшаров в своей „Минералогии России“[3] не прибавляют ничего нового, дают рисунок Г. Розе с тою же ошибочною розеткою наверху. Любопытно, что наиболее правильный рисунок, как и наиболее правильное историческое трактование, дает Шрауф, рисунок которого, если не правилен по своим размерам, то более всего точен по характеру отдельных граней — фацеток камня.[4]

Мы видим из этих литературных указаний, что точное описание формы камня отсутствовало и что потому до сих пор все попытки точнее сравнить „Орлова“ с „Великим Моголом“ или „Коинуром“ оставались бесплодными.

КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Долгое время мне не удавалось выяснить кристаллографическое значение отдельных направлений и дать правильную, научно обоснованную постановку кристалла. Лишь после ряда попыток истинное положение кристаллических очертаний было выяснено и дало возможность составить приводимое описание.

„Орлов“ является великолепным камнем индийского происхождения и индийской огранки. Он может служить образцом редкой чистоты воды очень приятного тона, слабо синевато-зеленого оттенка, столь прекрасного в некоторых старых камнях Индии. В этом отношении он довольно резко отличается от „Шаха“ желтоватой воды, но весьма сходен

---

[1] W. R. Catelle. The diamond. L.—N. Y., 1911, 65, tab. III, fig. 4.
[2] M. Bauer. Edelsteinkunde. Leipzig, 1909, 314.
[3] N. Kokscharov. Materialien z. Miner. Russlands. 1866, **5**, 383.
[4] A. Schrauf. Handbuch d. Edelsteinkunde. Wien, 1869, 102.

с великолепным солитером в $46^{92}/_{100}$ карата, описанным мною в державе.

В камне имеется небольшое количество ничтожных желтоватых (железистых) включений.

Размеры камня не могут быть даны в точности. В старых описаниях мы встречаем два веса: в 185 и $194^{3}/_{4}$ карата; точных взвешиваний мы не имеем и не можем их в настоящее время воспроизвести из-за плотной серебряной оправы. Старые данные и ряд сравнений записей заставляют нас говорить о второй цифре, к которой, повидимому, склоняется и А. К. Фаберже, взвешивавший камень в 1913 г. Речь идет, вероятно, о старых каратах. На основании подсчетов, сделанных мною для „Шаха“ [1], старые караты Кабинета приближаются по своей величине к лейпцигскому в 205 мг; если принять этот же карат и для „Орлова“, то мы получим наиболее вероятный вес его, равный $199^{60}/_{100}$ метрического карата.[1] Однако этот подсчет имеет лишь условное значение.

Размеры камня весьма точно воспроизведены на рисунках Г. Розе и сводятся к следующим (в миллиметрах): высота 22, ширина 31—32, длина 35, причем понятия высоты, ширины и длины отнесены к камню, плоско лежащему на своей широкой грани, а понятие длины относится вместе с тем и к длинной оси самого скипетра.

Внешняя форма неправильная, со всех сторон ограниченная многочисленными фацетками, очень хорошей и чистой огранки. Детальное изучение подсказывает, что расположение фацеток, по обычаю Индии и отчасти всего Востока, прежде всего определяется стремлением гранильщика как можно меньше снять с камня, сохранив по возможности его первоначальные очертания. Как мы увидим, именно такое

---

[1] Относительно различия в весах в связи с неустойчивостью старого понятия о карате см.: L. Spencer, Miner. mag., 1910, **15**, 318; 1911, **16**, 140—148.

толкование формы приводит нас к правильному пониманию кристаллографической ориентировки камня.

В схеме мы представляем себе камень в форме плоскости с остроконечною многогранною пирамидкою сверху, по форме напоминающей тюбетейки Востока и обычно называемой после Тавернье формою „Великого Могола́“. Сама пирамидка образована четырьмя зонами фацеток, сверху покрытых довольно плоскою розеткою, а именно (начиная снизу):

1. Нижняя зона из неправильно четырехугольных шестнадцати фацеток, к которым, в качестве как бы неполного ряда, снизу прибавляются местами мелкие фацетки притупления; высота фацеток 0.7—0.9 см.

2. Зона красиво расположенных треугольных фацеток (сорок четыре фацетки); высота до 0.5 см.

3. Такая же зона (сорок четыре фацетки); высота 0.35 см.

Эти три зоны не идут полностью вокруг, а прерываются некоторым уплотнением с очень плоскими фацетками, как бы срезающим с одной стороны всю пирамидку. Верхние две зоны образованы уже целиком, как бы представляя плоскую голову всего образования.

4. Зона, как и третья, из сорока восьми треугольных фацеток, высотою в 0.35 см.

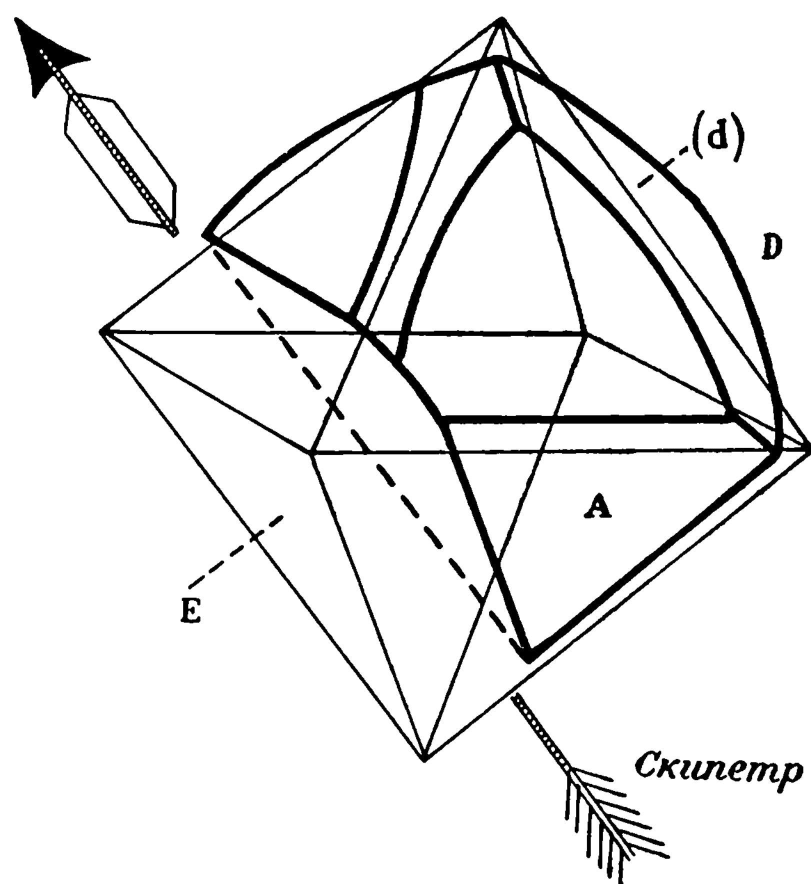
5. Верхняя розетка из двадцати пяти плоских лучей, упирающихся в двадцать четыре треугольника, в свою очередь примыкающих к верхним треугольникам зоны 4-й.

Снизу камень, плотно опоясанный оправою, обнаруживает почти ровную поверхность, ограниченную весьма плоскими семнадцатью фацетками, собранными в три поля. На этих поверхностях мы видим две зазубринки, — бороздки, образованные тонким выколом по спайности.

Однако самым замечательным явлением в камне представляется его входящий угол, т. е., вернее говоря, выколотый кусочек по спайности, расположенный в основании пирамидки. При внимательном изучении видно, что обе его поверхности

образованы неполированными поверхностями спайности, из коих одна — главная — параллельна тому боковому утолщению, о котором шла речь выше.

Комбинируя эти две плоскости с направлением двух наиболее плоских поверхностей камня, а также описанных выше бороздок на нижней грани, мы получаем возможность реконструировать нормальные кристаллографические очертания, причем эта реконструкция дает ключ к полному пониманию камня и его особенностей.



Теоретический октаэдр и природный округлый додекаэдр с двумя сколами по спайности для получения современной формы „Орлова“. *Стрелка* показывает взаимную ориентировку камня в скипетре, в котором он помещен. Орел скипетра — в месте острия стрелы.

Обе наиболее плоские поверхности, равно как элементы ограничения бороздок и нижней выемки, образованы плоскостями спайности по октаэдру, причем взаимная ориентировка октаэдра и камня видна из прилагаемого чертежа. На нем изображен теоретический октаэдр и обычный кристалл алмаза с закругленными гранями (**d**).[1] Если от него отколоть по спайности E бóльшую плоскость и меньшую — по грани A, то мы получим округлую головку, которую можно положить на грань E и которая будет сбоку притуплена гранью D. Внешняя форма полученного округлого многогранника будет необычайно близка к форме современного „Орлова“, и, если нужно будет лишь покрыть его фацетками, возможно меньше снимая камня, то в результате можно получить только ту картину, которую дает нам „Орлов“ в его современном виде.

[1] Der Diamant, 22 [2].

Нетрудно подсчитать, что, для того чтобы получить современную форму камня, надо отколоть приблизительно одну четверть первоначального веса, да при огранке округлых поверхностей и мест скола по спайности должна была произойти, особенно при неудаче гранильщика, потеря не менее половины его веса. Таким образом, первоначальный вес камня при его полной реконструкции должен был бы быть около 450—500 метрических каратов. Весьма вероятно, что аналогично „Куллинану“ мы имеем в нем дело с природным осколком по спайности;[1] в этом случае его первоначальный вес до огранки был около 300—350 каратов.

С этим толкованием совершенно согласуются направления трещинок по спайности и треугольная выемка.

Таким образом, кристаллографическое исследование нам показывает:

1) что кристалл, давший начало „Орлову“, имел форму округлого додекаэдра, вероятно, с двумя природными отколами по спайности;

2) что индийская огранка имела целью возможно меньшее снятие с камня материала, но что работа в общем была мало удачна;

3) что первоначальный вес камня должен был бы быть около 350 метрических каратов;

4) что нельзя допустить [возможность] откола от камня по спайности другого камня равной или близкой ему величины.

ИСТОРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Исторические сведения о камне довольно противоречивы и весьма неполны, причем описание „Орлова“ и сведения о нем переплетаются с данными о других исторических камнях, а именно о „Великом Моголе“ и „Коинуре“.

---

[1] См. кристаллографическое описание: G. Molengraaff. Der Cullinan. Prospect Rhein. Mineralien-Kontor. 1906. — W. Crookes, North Americ. review, 1906.

Рассмотрим в исторической последовательности наши сведения о знаменитых алмазах типа „Великого Могола“. Самые интересные и точные данные мы читаем у Тавернье,[1] который в 1665 г. осмотрел богатства Ауренг-Зеба и среди них описал ряд поразительных камней. Он отметил только два особенно замечательных алмаза: один в 80—90 каратов, висевший на троне и отнесенный мною к „Шаху“,[2] другой же — знаменитый „Великий Могол“, о котором Тавернье на стр. 278 и 372 пишет:

„Первый образец, который Акель-Хан вручил мне, представлял крупный алмаз в виде круглой розы, очень высокой с одной стороны. На нижнем ребре находился маленький надрез, а в нем — небольшое мутное пятнышко. Этот алмаз очень чистой воды, и он весит $319^1/_2$ ратисов, что составляет 280 наших каратов, поскольку ратис равен $^7/_8$ карата. Когда Миргимола, предавший царя Голконды, своего господина, удалился во владения Шах-Джехана и поднес ему в дар этот камень, [камень] был сырым и весил тогда 900 ратисов, что составляет $787^1/_2$ карата. В нем было несколько мутных пятен. Если бы этот камень находился в Европе, им распорядились бы иначе: из него извлекли бы хорошие куски, и он сохранил бы больший вес вместо того, чтобы быть истертым в порошок при огранке. Гортензий Боргис Венецианский огранил этот алмаз, за что и получил плохую награду, потому что, когда он закончил огранку, ему поставили в упрек, что он испортил камень, который мог бы сохранить больший вес, и, вместо того чтобы оплатить его труд, царь велел отнять у него 10 000 рупий и велел бы взять у него еще больше, если бы у него нашлись деньги сверх этих. Если бы господин Гортензий хорошо знал свое искусство, он сумел бы извлечь из этого большого камня несколько хороших кусков, не нанося

[1] J. B. Tavernier. Les six voyages en Turquie, en Perse et aux Indes. 1692, 2, 278, 372.

[2] А. Ферсман. Алмаз „Шах“ [3].

ущерба царю и затратив меньше труда на шлифовку; но он был не очень умелым алмазником.

„Этот алмаз принадлежит Великому Моголу, который оказал мне честь показать его вместе со всеми другими драгоценностями. Видна форма, которую ему придали при огранке. Получив разрешение его взвесить, я нашел, что он весит $319^1/_4$ ратиса, что составляет $279^9/_{16}$ нашего карата. В сыром виде он весил, как я указывал уже, 907 ратисов, или $793^5/_8$ карата. Этот камень имеет форму, напоминающую разрезанное пополам яйцо“ [4].

Больше никаких камней Тавернье не упоминает, и в сущности его описание не оставляет никаких сомнений, что речь у него идет об „Орлове“. За это говорит прежде всего его описание: „. . . розы, очень высокой с одной стороны“ [5], что действительно типично для „Орлова“, именно несколько косой его характер и более высокая одна половина; „На нижнем ребре находился маленький надрез, а в нем — небольшое мутное пятнышко“ [6] — трудно точнее описать ту выемку, которая столь характерна для „Орлова“. Далее очень интересен рисунок, который, очевидно, сделан Тавернье по памяти, что видно из линий пересечения граней: размеры немного больше 40 на 30, вместо 35 на 22 у „Орлова“. Еще более интересен вопрос о весе камня. Тавернье указывает $319^1/_2$ ратисов, что составляет 280 каратов, если принять ратис за $^7/_8$ карата. Однако мы знаем, что вес ратиса у Тавернье определен был не точно; по собранным мною данным (Спенсер,[1] Бауэр,[2] Клюге[3]), ратис колебался так: 0.094 или 0.102, или 0.12, или 0.130 г. Из этих цифр наиболее обычное и правильное толкование ратиса дает отношение 1 ратис = = 0.121 г = 0.6 метрического карата.

---

[1] L. Spencer. Note on the value of carat-weight. Miner. mag., 1910, **15**, 318. — G. Kunz, Trans. Soc. min. eng., 1913, 1225—1245.

[2] M. Bauer. Edelsteinkunde. Leipzig, 1909, 314. Надо иметь также в виду, что величина ратиса для алмаза и для жемчуга была различной.

[3] C. Kluge. Handbuch d. Edelsteinkunde. Leipzig, 1860, 241.

Принимая эти числа, мы получаем для данных Тавернье $319^1/_2$ ратиса = 150, 160, 194, 207, причем для более обычной величины ратиса мы в точности получаем вес „Орлова“. Любопытно отметить, что по этому же пересчету первоначальный вес камня до неудачной огранки должен был быть не 787 (как у Тавернье), а максимум 540 метрических каратов. В этом роде толкует и Шрауф,[1] в сущности первый, подошедший к правильному пониманию „Орлова“, причем он, как и Тавернье, отождествляет этот камень с „Коинуром“. Если это мнение и опровергается многими исследованиями, то всё же интересно указать, что, по предположению Шрауфа, камень до неудачной огранки весил около 279 каратов, а потом потерял 90 каратов, что не было указано Тавернье. Бутан[2] в своей классической монографии об алмазе упорно поддерживает легенду о двух камнях: один „Орлов“, приобретенный в Амстердаме, второй „Луна Гор“, полученный от купца Шафрасса; нетрудно видеть, что всё построение Бутана ошибочно.

Клюге,[3] опираясь в своих рассуждениях на отчет Маскелина (в описании всемирной лондонской выставки 1852 г.), отождествляет „Великий Могол“ с „Коинуром“, считая, что Тавернье ошибся в описании исторического камня; мы увидим в дальнейшем, что это не так и что „Коинур“ в руки Ауренг-Зеба мог попасть лишь в 1666 г., т. е. через год после посещения Тавернье.

Чрезвычайно любопытны замечания Балля, детально изучившего текст Тавернье.[4] Балль дает ряд очень интересных указаний, приписывает „Великому Моголу“ вес в 175 каратов и думает, что „Великий Могол“ и „Коинур“ тождественны.

---

1 A. Schrauf. Handbuch d. Edelsteinkunde. Wien, 1869, 103.

2 M. Boutan. Le diamant. Paris, 1886, 291, 288.

3 C. Kluge. Handbuch d. Edelsteinkunde. 1860, 241.

4 V. Ball, Journ. Asiat. soc. Bengal., London, 1881, 2, 34—36. — V. Ball, Nature, London, 1881, 490.

Действительно, английский минералог Маскелин[1] пытался очень детально обосновать не только тождественность „Коинура“ и „Великого Могола“, но и последнего с алмазом, описанным основателем династии Моголов Бабуром. Однако ниже приводимые замечания и, особенно, анализ текста Тавернье противоречат такому толкованию.

Наконец, довольно остроумные соображения были представлены Теннаном,[2] который считает, что „Орлов“ и „Коинур“ составляют вместе с „Таблицей“ Тавернье части одного большого камня, именно того правильного кристалла алмаза „в $787^1/_2$ каратов“, о котором говорит этот путешественник. Ему даже удалось так сложить спайные осколки плавикового шпата, чтобы получить в отдельности: „Орлова“, „Коинура“ и „Таблицу“, а вместе один большой кристалл формы додекаэдра, весом в $793^7/_8$ карата. Однако это предположение опровергается моими исследованиями: во-первых, „Орлов“ — осколок от кристалла величиной не более 400—500 каратов, и иначе не может быть объяснен; во-вторых, между „Орловым“ и „Коинуром“ довольно большое различие в цвете: у первого исключительная чистота и голубовато-зеленый тон, у второго — сероватый надцвет с небольшой мутью.

Все эти противоречивые данные основываются на отсутствии точных описаний, в особенности „Орлова“, и многие сомнения ныне совершенно исчезают после его детальной научной обработки.

Что же касается исторических данных, касающихся приобретения камня для России, то тут обычно в литературе приводится много легендарных рассказов и обычно даже указывается, что в конце XVIII в. было куплено два крупных алмаза, из коих один в Иране, другой в Амстердаме.[3]

---

[1] N. Maskelyne, Royal Institut, 1860, March 23th. — N. Maskelyne, Am. journ. sc., 1856, **22**, 278. (Мне не доступно).

[2] Tennant, The Athenaeum, Sept. 25, 1852, № 1300, 1042.

[3] См., например, путаницу: W. R. Catelle. The diamond. L.—N. Y., 1911, 66.

С. Н. Тройницкий на основании архивных данных рисует нам точную картину приобретения камня, каковую полностью и привожу:

„В 1773 г. граф Григорий Григорьевич Орлов поднес Екатерине в день ее именин огромный алмаз, известный с тех пор под названием «Орлов». Прусский посланник при русском Дворе, граф Сольме, писал через два дня своему правительству, описывая празднество, бывшее в этот день в Царском Селе: «Знаменитый огромный алмаз, вывезенный несколько лет тому назад из Персии, хранившийся долгое время в Амстердамском банке и затем доставленный к здешнему Двору, был также выставлен в этот день. Князь Орлов купил эту драгоценность у армянского купца Лазарева за 400 000 рублей и поднес императрице вместо букета по случаю дня ее ангела, и она соблаговолила милостиво принять подарок».

„Легенда говорит, что алмаз этот, вместе с другими подобными, служил глазами идолу в Серингане, откуда был выкраден французским солдатом в начале XVIII в.; затем камень был у шаха Надира, после смерти которого был вторично выкраден и, наконец, через посредство джуйфийского купца Лазарева попал в Россию.

„Сохранилось доношение астраханского купца Гилянчева астраханскому губернатору Якоби от 1768 г., из которого видно, что тесть его, Гилянчева, армянин Григорий Сафрас, родом из Джуйфы, «купил редкую в свете вещь, алмазный камень дорогой цены». Уехав из России в Голландию, Сафрас отвез туда этот камень и положил его 1 октября 1767 г. в Амстердамский банк. В завещании своем, написанном в 1771 г., Сафрас просит своих душеприказчиков, племянников своей первой жены, придворного ювелира Ивана Лазарева и брата его Якима, взять из банка этот «Ост-индианский камень алмаз весом в семьсот семьдесят девять гранов голландских».

„В следующем 1772 г. октября 20 дня Григорий Сафрас

половинную долю в этом алмазе продал Ивану Лазареву за 125 000 рублей и самый камень оставил у Лазарева, который продал его в 1773 г. князю Орлову за 400 000 рублей в семилетние сроки. А в течение пяти лет до продажи камня Орлову на старания о его продаже было истрачено 11 800 рублей, как писал в 1779 г. Лазарев в одном из прошений по поводу раздела между наследниками Сафраса. Какие были эти расходы, указать трудно, но часть их заключалась в изготовлении модели алмаза, присланной в конце 1772 г. или начале 1773 г. Екатерине, на что указывает следующая запись в книге повелений от 6 марта 1773 г. об уплате банкиру Фридрихсу «за потерянный здесь бриллиант, присланный при модели большого камня армянина Сафраса». Как бы то ни было, в 1774 г. камень поступил в число коронных бриллиантов и с этого времени украшает навершие скипетра".

Этими фактическими данными, собранными и критически освещенными С. Н. Тройницким, исчерпываются наши исторические сведения об „Орлове".

Таким образом, среди противоречивых указаний литературы мы встречаемся со следующими взаимно исключающими предположениями:

1. „Коинур" является тем камнем „Великим Моголом", который видел Тавернье в 1665 г.

2. „Орлов" является этим камнем.

3. „Великий Могол" сохранился в старом виде и хранится в Иране, и ни „Орлов", ни „Коинур" с ним не идентичны.

4. „Коинур" и „Орлов" — части одного большого камня (вместе с пропавшей „Таблицей Тавернье").

5. В конце XVIII в. в России было приобретено два камня, из коих один — „Луна Гор".

6. В Иране имеется еще два камня типа „Орлова" и „Великого Могола".

Приведенные материалы уже сейчас дают нам правильное решение этого вопроса.

ИСТИННАЯ ИСТОРИЯ „ОРЛОВА“

На основании приведенных материалов мы подходим к воссозданию правильной истории „Орлова“. Этот камень был найден в начале XVII ст. (вероятно в копях Коллура) в Голконде и огранен в виде высокой розы; его первоначальный вес был около 400 каратов, причем он представлял природный осколок большого камня. Шах-Джехан заставил его огранить, что было сделано неудачно, после чего камень принял форму современного „Орлова“ с его 190—200 каратами. В этом виде нашел камень во дворце Ауренг-Зеба Тавернье в 1665 г. После смерти Шаха-Джехана в 1661 г. в руки Ауренг-Зеба попал и другой крупный алмаз, может быть более старый, ограненный тоже в виде индийской розы, названный позднее (при шахе Надире) „Коинуром“ и весивший до перегранки 186 каратов. Этот камень был прекрасной парой нашему „Орлову“, тогда носившему название „Великого Могола“, но нет никаких оснований думать, что оба они происходили от одного и того же природного камня. По легендарному сообщению, переданному Палласом, „Орлов“ и „Коинур“ были вставлены в трон шаха Надира, завладевшего Дели в 1738 г. При этом „Орлов“ носил наименование „Дерианур“ — море света, а другой был „Коинур“ — гора света. В дальнейшем судьба этих камней оказалась различной. „Орлов“ в том или ином виде был выкраден и попал через ряд рук на рынок в Амстердаме, „Коинур“ избежал этого, попал в руки князя Лагоры, а в 1850 г. был захвачен англичанами, в 1852 г. был перегранен и потерял свою историческую форму (106 каратов).

„Орлов“, приобретенный для Екатерины II графом Орловым в 1773 г., остался в своем старом виде и сохранил до настоящего времени свою форму старой индийской огранки, которую он имел у Великих Моголов в Индии.

Исторический алмаз „Великий Могол“ и „Дерианур“ — море света — тождественны с „Орловым“, и никаких других кам-

ней этого же типа ни среди русских драгоценностей, ни в других собраниях всего мира не имеется.[1] Этим развенчивается огромное количество разнообразных легенд, пытающихся вместо реально существующих и существовавших двух камней говорить о целых четырех солитерах. История перехода камня из Амстердама в Россию в настоящее время выяснена полностью и в своем правильном изложении сведена выше в выдержках из очерка С. Н. Тройницкого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеизложенного мы можем притти к следующим выводам.

1. „Орлов“ является прекрасным чистейшей воды алмазом индийского происхождения (Голконда) и огранки и занимает для Индии по величине первое место.

2. Он является осколком от большого кристалла и, повидимому, до огранки был ограничен двумя большими поверхностями раскола по октаэдрической спайности и сильно искривленными гранями псевдододекаэдра со слабым развитием граней октаэдра.

3. Огранка имела задачей лишь подшлифовать природные грани и плоскости спайности, чем и вызвана внешняя неправильная форма камня.

4. Наличие своеобразного входящего угла, сравнение весов и общего типа огранки заставляют считать „Орлова“ за тот алмаз „Великий Могол“, который был осмотрен Тавернье в 1665 г. во дворце Ауренг-Зеба в Джеханабаде.

5. Дальнейшая судьба камня не вполне ясна; вероятно, временно им владел шах Надир после завоевания Дели в 1738 г., и после ряда легендарных странствований он поднесен был в 1773 г. графом Орловым Екатерине II.

---

[1] Как будто бы еще какие-то неизвестные солитеры большой величины имеются в распоряжении персидских шахов, но точных данных у нас по этому вопросу нет.

6. Нет никаких оснований признавать существование особого, отличного от „Орлова“ камня по имени „Дерианур“ или „Луны Гор“, каковой не существует и, повидимому, никогда и не существовал.

7. Анализ исторических фактов приводит к признанию существования лишь двух крупных алмазов типа „Великого Могола“; из них один в 1850 г. под именем „Коинур“ попал в Англию и после перегранки потерял свою историческую форму, другой — „Орлов“, он же „Великий Могол“, он же „Дерианур“, — сохранил свою старую огранку с середины XVII в. и в этом виде является крупнейшим алмазом российского алмазного фонда и крупнейшим камнем старой Индии [7].

Москва.
1925 г.






ПРИЛОЖЕНИЯ



ПОСЛЕСЛОВИЕ РЕДАКТОРОВ

Публикуемые в данной книге работы академика Александра Евгеньевича Ферсмана по кристаллографии алмаза занимают видное место в мировой литературе, посвященной этому замечательному минералу. Особенной известностью пользуется монография „Алмаз“, по праву считающаяся классической.

В основе всего этого сочинения лежит положение, согласно которому кристалл не является просто геометрическим телом. Кристаллическое тело нельзя оторвать от той обстановки, в которой протекал его рост. Вещество и его концентрация, а также термодинамические условия образования налагают на поверхность и форму кристалла свой отпечаток. „Кристалл неизбежно несет на себе следы предыдущих моментов своего существования, и по его форме, по скульптуре его граней, мелочам и деталям его поверхности мы можем читать его прошлое“.[1]

В отличие от подавляющего большинства плоскогранных и прямореберных кристаллов других минералов, алмаз по большей части ограничивается сложными округлыми и искривленными поверхностями.

Кроме того, грани алмазных кристаллов несут на себе сложные и разнообразные скульптурные усложнения в виде бугорков, ямок, штриховых или волнообразных искривлений

---

[1] Стр. 15.

и т. п. Исследование таких сложных поверхностей долгое время было недоступно кристаллографам.

Теодолитный гониометр, изобретенный Е. С. Федоровым, значительно упростил методику кристаллографических измерений. Усовершенствование В. Гольдшмидтом оптической системы теодолитного гониометра позволило особенно детально изучать характер световых рефлексов, получаемых от поверхностей кристаллов. Для плоских кристаллических граней световые сигналы выглядят светлыми точками; для искривленных граней они принимают вид световых дуг, полос и целых полей.

Произведенные А. Е. Ферсманом исследования алмазов привели к теории, согласно которой плоскогранные алмазы (главным образом октаэдры) являются многогранниками роста, а округлые кристаллы (обычно кривогранные ромбододекаэдры) отвечают продуктам частичного растворения.

Световые рефлексы в гониометре для плоскогранных кристаллов представляются в виде сети точек, иногда соединенных прямыми световыми лучами.

Для частично растворившихся кристаллов те направления, которые в случае многогранников роста были усеяны светлыми точками, оказываются пустыми полями и, наоборот, бывшие пустые промежутки здесь заполнены расплывчатыми световыми пятнами.

О характере самих кристаллов алмаза и о световых картинах, наблюдающихся для таких кристаллов на гониометре, дают прекрасное понятие многочисленные тщательные зарисовки, сделанные самим А. Е. и собранные в специальном Атласе, сопровождающем монографию „Алмаз“.[1] Рисунки из Атласа А. Е. Ферсмана приводятся до сих пор во всех крупнейших сводках по минералогии как отечественных, так и зарубежных.

---

[1] Этот Атлас целиком воспроизведен в настоящем издании, стр. 329—16. Оригинальные рисунки, выполненные А. Е. Ферсманом, хранятся в Архиве Академии Наук СССР (Разряд 4, опись 1, № 1020 лл. 1—1302).

Отнесение округлых алмазов к многогранникам частичного растворения, в противоположность плоскогранным многогранникам роста, породило в минералогической литературе два течения. Часть исследователей примкнула к взглядам Ферсмана, другая пыталась опровергнуть его доводы, считая округлые формы также образованиями роста (Виллььямс, Ван-дер-Веен). В связи с отсутствием непосредственных наблюдений над ростом алмаза данный вопрос и до сих пор нельзя считать окончательно решенным. Несмотря на это, книга „Алмаз" и сейчас служит примером кристаллографической монографии, трактующей вопросы генетической минералогии.

К кристаллографии алмаза А. Е. Ферсман неоднократно возвращался и впоследствии. „И много лет алмаз в тысячах, десятках тысяч карат проходил перед моими глазами, заворожив меня своим сверкающим блеском, и законы его рождения казались мне величайшими тайнами мира", — читаем мы в „Воспоминаниях о камне".[1]

Особенно ценными явились позднейшие исследования А. Е., посвященные принадлежащим Советскому Союзу крупнейшим бриллиантам (см. статьи об алмазах „Шах" и „Орлов" в настоящем издании, стр. 451, 467), где дается интересная попытка восстановить природную форму этих исторических камней, основываясь на их искусственной огранке.

При публикации работ А. Е. Ферсмана в настоящем издании внесены необходимые уточнения и исправления явных погрешностей редакционного и издательского порядка.

---

[1] А. Е. Ферсман. Воспоминания о камне. Изд. ЦК ВЛКСМ „Молодая гвардия", 1946, стр. 57.

АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ ФЕРСМАН И ЕГО ТВОРЧЕСТВО

Академик Александр Евгеньевич Ферсман широко известен как выдающийся минералог, геохимик и географ, как настойчивый и проницательный исследователь минеральных богатств нашей страны, неутомимый путешественник, блестящий писатель и популяризатор геологических знаний.

По разносторонности своих интересов, по богатству глубине и смелости мысли, по энциклопедизму знаний А. Е. Ферсман принадлежит к той бессмертной семье, к той блестящей плеяде замечательных деятелей русской науки, во главе которой стоит великий ее основатель М. В. Ломоносов.

Свою деятельность А. Е. Ферсман начал еще в годы, предшествовавшие первой мировой войне, но во всем блеске его дарования и энергия развернулись после Великой Октябрьской социалистической революции, открывшей широкий простор для развития творческих сил народов нашей Родины. Именно в советское время А. Е. Ферсман закончил и опубликовал крупнейшие свои труды по минералогии и геохимии, доставившие ему мировую известность, внесшие много глубоких и плодотворных идей в нашу научную и повседневную практическую работу. Преждевременная смерть после тяжелой болезни оборвала в 1945 г. эту яркую жизнь. Но огромное научное наследие А. Е. Ферсмана, его практические начинания, замыслы и указания сохраняют всё свое значение.

являются одной из прочных опор для дальнейшего роста советской минералогии и геохимии и для еще более полного освоения наших ископаемых богатств.

Александр Евгеньевич Ферсман родился 27 октября (8 ноября н. ст.) 1883 г. в Петербурге. Его отец, по образованию архитектор, был военным. Мать Александра Евгеньевича — очень образованная женщина — знала естественные науки, была хорошей пианисткой и художницей. Брат ее, А. Э. Кесслер, оказавший большое влияние на Александра Евгеньевича, химик по специальности, жил в Крыму; недалеко от Симферополя у него было небольшое имение, где семья Ферсманов обычно проводила лето. Здесь Александр Евгеньевич шестилетним мальчиком начал собирать коллекции камешков. После переезда семьи Ферсманов в Одессу мальчика определили в местную гимназию. Лето семья попрежнему чаще всего проводила в Крыму. „Крым был моим первым университетом", говорил А. Е., вспоминая с благодарностью эту своеобразную школу.

„Несмотря на то, — писал А. Е., — что гимназия, в которой я из-за болезни почти не учился, не давала мне стимулов к естественным наукам, я оставался верным увлечению всем тем, что было связано с геологией и минералогией".[1]

Юношу, увлекавшегося на первых порах внешней красотой камней, начали постепенно занимать вопросы их состава и происхождения. Он обращался к своему дяде — химику — и его другу, впоследствии известному профессору А. И. Горбову. Они давали А. Е. нужные пояснения, учили записывать химический состав и название минералов. Интерес А. Е. к химии поддерживало и общение с Н. Г. Меликишвили, видным профессором химии Новороссийского университета, другом семьи Ферсманов. Увлечение минералогией становилось с годами всё более серьезным.

[1] А. Е. Ферсман. Автобиография. Журн. „Огонек", 1927, № 8, стр. 10—11.

В 1901 г. Александр Евгеньевич окончил Одесскую классическую гимназию и поступил на физико-математический факультет Новороссийского университета, мечтая заняться изучением минералогии. Но лекции по геологии и минералогии, которые читал проф. Р. А. Прендель, были скучны, формальны и могли только расхолодить живого слушателя. Не получив здесь удовлетворения, А. Е. стал увлекаться другими предметами: историей искусств, политической экономией. В этот период большую роль в его жизни сыграли Н. Г. Меликишвили и физик Б. П. Вейнберг. Первый постоянно напоминал Александру Евгеньевичу о том, что он не должен оставлять минералогию и тесно связанную с ней химию. Б. П. Вейнберг читал курс молекулярной физики. Из лекций Б. П. Вейнберга А. Е. вынес глубокий интерес к вопросам строения вещества.

Решающее значение для дальнейшего формирования молодого ученого имел его переход в Московский университет (в 1903 г.).

Кафедра минералогии Московского университета возглавлялась в то время Владимиром Ивановичем Вернадским, сыгравшим исключительную роль в развитии этой науки. В своих исследованиях и лекциях В. И. Вернадский выдвинул на первый план, с одной стороны, выяснение химической природы минералов, с другой — вопросы их происхождения, их изменений и преобразований в различных зонах земной коры. Прежнему описательному направлению в минералогии он противопоставлял генетическую минералогию, или химию земной коры. Изучая минералы как продукты химических процессов, протекающих в земной коре, В. И. Вернадский естественным образом перешел к истории отдельных химических элементов, или к геохимии.

В этот центр творческой минералогической мысли, в сферу влияния выдающегося таланта В. И. Вернадского попал Александр Евгеньевич, двадцатилетний застенчивый студент, страстно любивший камень. Здесь он как бы снова нашел свое призвание, с прежним энтузиазмом вернулся к изучению

минералов и их образования, знакомясь с новыми идеями зарождавшейся геохимии, в развитии которой ему предстояло сыграть столь выдающуюся роль. Вскоре учитель и ученик стали друзьями.

Первые выступления А. Е. в минералогическом кружке у В. И. Вернадского в 1903 г., экспериментальные работы, проведенные в студенческие годы, его острый глаз минералога, без труда определявший почти любой минерал, широта научных интересов и блестящий дар речи, — всё говорило о необычайной одаренности молодого ученого. На студенческой скамье, в период времени с 1903 по 1906 г., он выполнил и опубликовал 5 научных работ по вопросам кристаллографии, химии и минералогии.

В 1907 г. А. Е. блестяще окончил университет и получил научную командировку за границу для подготовки к профессорскому званию. Он работал в Гейдельберге в лаборатории известного кристаллографа В. М. Гольдшмидта (1853—1933), под руководством которого написал большую монографию об алмазах, публикуемую в данной книге. В Гейдельберге А. Е. слушал и лекции петрографа Розенбуша. Затем А. Е. посетил лабораторию А. Лакруа в Париже. Большое значение для дальнейшей научной жизни ученого имела его поездка на пегматитовые жилы острова Эльбы. Эта поездка определила одно из основных направлений последующих работ Александра Евгеньевича — по минералогии и геохимии пегматитовых образований.

Полный впечатлений и идей, А. Е. возвращается на родину и занимает должность сверхштатного ассистента при Минералогическом кабинете Московского университета. Ферсман сразу выдвигается своими научными работами и первый получает золотую медаль имени А. И. Антипова (в 1909 г.), которую Минералогическое общество присуждало молодым ученым. Одновременно А. Е. принимает живое участие в организации Народного университета имени А. Л. Шанявского. В 1910 г. его избирают там профессором минералогии, и в 1912 г., впер-

вые в истории русской и мировой науки, А. Е. читает здесь лекции по новой науке — геохимии, опубликованные в том же году в виде краткого курса.

А. Е. передал в дар Народному университету свою прекрасную минералогическую коллекцию, особенно ценную тем, что она содержала большое количество минералов классических месторождений и была собрана и описана самим А. Е.

В этот же период А. Е. начал свою деятельность популяризатора геологических наук. Он часто выступал с докладами, лекциями, участвовал в работе Московского общества испытателей природы, членом которого состоял с 1908 г. Особенно ярким был его доклад, прочитанный в годичном заседании Общества в 1912 г. на тему „Химическая жизнь земной оболочки и новые пути ее исследования“. Позднее А. Е. избрали вице-президентом Общества.

Будучи одним из основателей естественно-исторического журнала „Природа“, А. Е. становится деятельным членом редакции и на протяжении многих лет (1912—1945) печатает в этом журнале свои прекрасные статьи и заметки по самым разнообразным вопросам.

В 1911 г. в знак протеста против мероприятий реакционного министра Кассо, нарушившего автономию Московского университета, 126 передовых профессоров покинули университет. В числе их были В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман, вскоре переехавшие в Петербург.

В 1912 г. А. Е. был избран профессором минералогии Бестужевских высших женских курсов, где читал лекции по кристаллографии и геохимии. Только после длительной борьбы с министерством удалось добиться утверждения этого избрания.

С 1912 же года началась не прерывавшаяся до конца жизни деятельность А. Е. в Академии Наук. Он был избран на должность старшего хранителя Минералогического отделения Геологического и минералогического музея Академии Наук, который тогда возглавлял В. И. Вернадский.

С переездом в Петербург А. Е. еще с большей энергией стал принимать участие в многочисленных экспедициях на далекие окраины нашего отечества. К этой стороне его деятельности мы еще не раз возвратимся.

Уже в самом начале научного поприща у А. Е. обнаружилась во всей полноте характернейшая особенность его могучей, щедро одаренной личности. Это — необычайное разнообразие научных (также и практических) интересов, их огромный диапазон, способность охватывать одновременно и глубоко различные области знания и в совершенстве овладевать ими, внося всюду свет оригинальной творческой мысли.

За время с 1907 по 1915 г., не считая множества менее значительных работ по различным вопросам минералогии и геохимии, А. Е. опубликовал ряд крупных трудов. Из них первой по времени была блестящая монография о формах алмазов и их генезисе, публикуемая в русском переводе в настоящем издании.

Изучив огромное количество разнообразных кристаллов алмаза со сложными скульптурами граней, А. Е. Ферсман пришел к заключению, что такие кристаллы представляют результат поверхностного растворения ранее нормально развивавшихся форм алмаза.

Исходя из изучения алмазов коренных южноафриканских месторождений и из опытов искусственного получения кристаллов и сопоставляя эти опыты с результатами кристаллографических исследований, А. Е. Ферсман сделал вывод, что алмаз выкристаллизовывался из магниевой силикатной магмы в обстановке частой смены физико-химических условий и резких колебаний давления. Уменьшение давления в канале, выходящем на поверхность, связанное с подъемом магмы, усиливало растворимость алмазов, вызывало частичный переход их с поверхности в графит и растворение последнего в магме. В результате возникали округлые формы, характерные для

алмаза. При закупоривании верхней части канала застывшей магмой давление в канале вновь повышалось, и подвергшиеся поверхностному растворению кристаллы вновь начинали нарастать.

Но растворяющее действие силикатного расплава может варьировать и по другим причинам, в связи с колебаниями условий в разных частях магмы. А. Е. Ферсман наблюдал кристаллы алмаза, на одной половине которых преобладали явления роста, а на другой — растворения. Вообще же он различал три группы кристаллов: в одной проявлялись формы роста, главным образом октаэдра, в другой — формы растворения (главные плоскости растворения — грани куба); в третьей группе кристаллов явления роста и растворения наблюдались одновременно и во всевозможных переходах.

Таковы были главные выводы автора. Книга, изданная в 1911 г., была превосходно иллюстрирована атласом различных, мастерски зарисованных самим А. Е. кристаллографических форм алмаза и явлений, наблюдаемых при их исследовании.

Вторым по времени капитальным трудом А. Е. Ферсмана была обширная монография „Исследования в области магнезиальных силикатов“ (1913). Эта замечательная работа переносит нас от процессов магматических глубин к тонким и своеобразным реакциям, протекающим в холодных поверхностных зонах земной коры при значительном участии коллоидных псевдорастворов. Эта область минералообразования была в то время едва затронута исследованием ввиду крайней трудности расчленения возникающих здесь подвижных, неустойчивых, близко сходных по виду и свойствам веществ.

А. Е. Ферсман остановился на группе своеобразных спутанно-волокнистых минералов, известных в литературе под многочисленными названиями: горная кожа, горная пробка, горное сало, пилолит, ксилотил и т. п. Эти образования, представляющие силикаты и алюмосиликаты магния, обыкновенно рассматривались как разности нормальных роговообман-



А. Е. ФЕРСМАН.

ковых и хризотиловых асбестов. Исследования А. Е. Ферсмана показали, что наиболее обширной среди этих образований является вполне самостоятельная группа палыгорскита, названная им по имени минерала, открытого в нашей стране и чрезвычайно распространенного, особенно в центральной части РСФСР.

А. Е. Ферсман в своей монографии дал исследованным минеральным группам точную физико-химическую характеристику, уточнил запутанную номенклатуру, нашел критерии для взаимного отличия близких образований, выяснил генетическую связь их с другими минеральными видами, связал их генезис со свойствами и химической конституцией. Громадный материал, проработанный А. Е., обнимал 135 месторождений всего света. Один отбор материала для анализа, за невозможностью выделения его химическим путем, произведенный непосредственно самим А. Е. под лупой, занял много месяцев упорной работы.

Наиболее важные результаты исследования А. Е. Ферсмана сводились к следующему.

Асбесты распадаются на три группы: 1) группу циллерита, включающую структурные разновидности тремолита и актинолита; 2) группу церматита, объемлющую разности серпентина-хризотила, и 3) группу палыгорскита — самую сложную и распространенную, „играющую видную роль в химических реакциях коры выветривания и весьма устойчивую в природных условиях земной поверхности“.[1]

С точки зрения генезиса, палыгорскиты должны считаться самыми важными магнезиальными силикатами в коре выветривания, так как их образование является результатом обычной обменной реакции между кремнекислыми растворами и доломито-мергелистыми породами.

---

[1] А. Е. Ферсман. Исследования в области магнезиальных силикатов. Группы циллерита, церматита и палыгорскита. Зап. АН, ОФН, 8-я серия, 1913, т. 32, вып. 2, стр. 430.

А. Е. Ферсман как в рассматриваемом труде, так и в других своих сочинениях не ограничивается задачами лишь точного описания минералов, установления естественной систематики. Говоря его словами, „минералогия призвана не только описывать в определенной системе продукты химических реакций земной коры, но и изучать самый ход этих реакций, их зависимость от физико-химических процессов земной оболочки“.[1] Кроме того, в область минералогии должно входить изучение взаимных переходов и превращений минеральных тел, путей изменения минерала в другой минеральный вид.

„Исследования в области магнезиальных силикатов“ по справедливости считаются непревзойденным образцом монографического исследования в минералогии. В этой работе поражает необыкновенная эрудиция А. Е., глубина замысла и тщательность его выполнения, богатство идей и мыслей, прекрасная литературная форма изложения.

По этой работе, вышедшей в свет всего лишь через 6 лет после окончания автором университета, можно было судить о силе и глубине дарования молодого ученого. Этой работой А. Е. осветил почти нетронутую тогда и совершенно новую для русской минералогии область соединений переменного состава, так называемых мутабильных образований, связанных с коллоидными системами.

С первых шагов научно-исследовательской работы А. Е. его неизменно привлекали трудные темы, требующие не только особой глубины и напряжения мысли, не только точнейших химических и иных анализов и измерений, но и тонкого, граничащего с виртуозностью мастерства практических приемов, без которого были невозможны, например, изучение явлений роста и растворения алмаза или работа над волокнистыми минералами групп палыгорскита, церматита и циллерита.

[1] А. Е. Ферсман. Исследования в области магнезиальных силикатов. Группы циллерита, церматита и палыгорскита. Зап. АН, ОФН, 8-я серия, 1913, т. 32, вып. 2, стр, 430.

Много внимания отдал А. Е. Ферсман в этот период другой своеобразной группе водных минералов. Им выполнены глубоко содержательные работы о цеолитах Крыма, Кавказа, Тимана, Урала.

С Уралом А. Е. Ферсман познакомился в 1912 г., и здесь, в связи с изучением самоцветных камней, в ученом утвердился тот глубокий интерес к сложным процессам пегматитового минералообразования, который определил отныне одну из основных тем, занимавшую А. Е. в течение всей его жизни и получившую выражение в ряде знаменитых его работ.

Одной из первых проблем, привлекших внимание А. Е. в этой области, был вопрос о письменной структуре пегматитов и ее происхождении. После тщательного исследования ученый установил закономерность одновременного образования полевого шпата и кварца в письменных пегматитах, а также генетические условия возникновения письменной структуры. Им подробно был исследован рост кристаллов кварца — ихтиоглиптов, продолжающих нарастать в виде другой модификации на полевом шпате в друзах с той же кристаллографической ориентировкой, но при изменившихся условиях.

И в данном случае успех исследования зависел от точности кристаллографических измерений совершенно особых форм, ложных ребер, границ и контуров огранения двух одновременно кристаллизующихся веществ. Но в это время А. Е. был уже несравненным экспериментатором (в частности настоящим виртуозом-гониометристом). Это мастерство помогало ему в решении сложных задач, которые он неустанно ставил перед собою и круг которых непрерывно расширялся.

Уже в этом начальном периоде творчества А. Е. Ферсмана область его интересов, обнимающих химические, физико-химические и геологические вопросы, а также не упускающих из виду технику и экономическую сторону, поражает своим разнообразием. Наряду с блестящими качествами первоклассного ученого, А. Е. уже обнаружил в полной мере одну из самых ярких своих особенностей — чуткость к запро-

сам окружающей действительности, к тем практическим задачам, какие ставит перед наукой культурная и хозяйственная жизнь родной страны.

В январе 1915 г. акад. В. И. Вернадский от своего имени и от имени академиков А. П. Карпинского, Б. Б. Голицына, Н. С. Курнакова и Н. И. Андрусова внес предложение о создании при Академии Наук постоянной Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС).

Вначале, под председательством акад. А. С. Фаминцына, была организована подготовительная комиссия, ученым секретарем которой был избран А. Е. Ферсман.

С осени 1915 г. Комиссия развила энергичную деятельность. Одним из важнейших результатов ее усилий явилось составление и издание четырехтомного сборника „Естественные производительные силы России“, представлявшего полную сводку сведений о производительных силах страны.

Задача сборника заключалась в том, чтобы дать в руки каждого практического работника возможность получить необходимые справки и сведения о различных видах природного минерального сырья, о размере их добычи в России, об имеющихся месторождениях, об их надежности, о свойствах данного ископаемого и его технической и экономической ценности; здесь же приводилась главная литература и отмечались те области, которые заслуживают особого внимания.

Во второй половине ноября 1915 г. по инициативе А. Е. Ферсмана и при непосредственном участии геологов, минералогов и химиков петроградских научных учреждений и лабораторий была организована Комиссия сырья и химических материалов. Главные цели Комиссии сырья заключались в исследовании исходных продуктов химических материалов, которые были необходимы для различных производств, а также к определению общей потребности народного хозяйства в минеральном сырье.

А. Е. Ферсман развернул в эти годы энергичную и плодотворную деятельность. Он познакомился с самыми разнообразными видами полезных ископаемых, выезжая многократно для осмотра различных месторождений. Естественные минеральные краски, целестин и барит, огнеупорные и бентонитовые глины, полевой шпат для керамической промышленности, самородная сера и серный колчедан, слюда, плавиковый шпат, фосфориты, алунит, титановые минералы, бор, иод и бром, оптические минералы, вольфрамит и молибденит, кобальтовые руды — вот далеко не полный список руд и минералов, с которыми имел дело Александр Евгеньевич. Поддерживая тесную связь с исследовательскими лабораториями и с потребляющей сырье промышленностью, А. Е. Ферсман глубоко изучил круг научных и техно-экономических вопросов, связанных с созданием отечественной минерально-сырьевой базы. И впоследствии, в течение всей своей жизни Александр Евгеньевич, опираясь на опыт этого времени, отдавал очень много внимания и труда минеральному сырью, в особенности неметаллическому.

Данному направлению в своей деятельности, очень важному и плодотворному, А. Е. оставался верным до конца.

При изучении месторождений полезных ископаемых А. Е. Ферсман научился не только истолковывать их с генетической точки зрения, но и оценивать их также с технологической и экономической сторон. Вместе с тем в поле его зрения всегда стояли вопросы рационального размещения центров потребляющей промышленности соответственно с распределением источников минерального сырья. Этим вопросам он также в дальнейшем уделял исключительно большое внимание.

Накануне Великой Октябрьской социалистической революции А. Е. Ферсман весь ушел в работу Комиссии по изучению естественных производительных сил (КЕПС) и Комиссии сырья.

В дореволюционных условиях работа этих комиссий не могла развернуться по-настоящему. В обстановке бюрократического равнодушия и невежества инициатива ученых наталкивалась на бесконечные препятствия. Даже на такое важное дело, как оценка месторождений вольфрама, Академия Наук не могла получить в течение двух лет средств.

Великая Октябрьская социалистическая революция создала совершенно новые, небывало благоприятные условия для научно-исследовательской работы. В первые же месяцы существования советского государства партия большевиков выдвинула задачу всестороннего изучения и практического освоения производительных сил нашей Родины.

Решающее значение в этом отношении имело обращение В. И. Ленина к Академии Наук в апреле 1918 г. в связи с вопросами, которые были им подняты в работе „Очередные задачи Советской власти".

Свои гениальные мысли о социалистических принципах размещения производительных сил В. И. Ленин изложил в „Наброске плана научно-технических работ". В. И. Ленин писал:

„Академии Наук, начавшей систематическое изучение и обследование естественных производительных сил России, следует немедленно дать от Высшего совета народного хозяйства поручение

„образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России.

„В этот план должно входить:

„рациональное *размещение* промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта...

„Наибольшее обеспечение теперешней Российской Советской республике (без Украины и без занятых немцами обла-

стей) возможности *самостоятельно* снабдить себя *всеми* главнейшими видами сырья и промышленности".[1]

По поручению В. И. Ленина Народный комиссариат просвещения обратился в Академию Наук с предложением развернуть исследования производительных сил страны.

Обращение В. И. Ленина привело Академию Наук к новым путям исследовательской работы. С этого момента вопросы планомерного систематического изучения природных богатств нашей страны получили мощное развитие. Весь комплекс научно-исследовательских работ приобрел неизмеримо больший размах и глубину, и дальнейшее развитие Академии Наук потребовало его реорганизации. Правительством были отпущены значительные средства, и Академия Наук стала развертывать свою экспедиционную деятельность.

Весной 1918 г., по указанию В. И. Ленина, была организована Северная научно-промысловая экспедиция Высшего совета народного хозяйства (Севэкспедиция ВСНХ), которая, вместе с Академией Наук, развернула кипучую деятельность на европейском севере республики. Экспедиционные исследования А. Е. Ферсмана на Кольском полуострове явились составной частью работы Севэкспедиции.

Из отделов Комиссии по изучению естественных производительных сил в дальнейшем постепенно выделились самостоятельные научно-исследовательские институты: Географический, Радиевый, Почвенный, Керамический, Оптический, Геохимический и другие. В развитии этих институтов Александр Евгеньевич сыграл исключительно большую роль.

В этих работах полностью развертывается кипучая и чуткая к запросам жизни натура А. Е. Глубокий и проникновенный ученый, он был в то же время одним из самых убежденных и страстных сторонников прикладной минералогии. Он неустанно продвигал науку в гущу народной жизни, в область практических, хозяйственных интересов. Его про-

[1] В. И. Ленин, Соч., т. 27, стр. 288.

должают привлекать труднейшие теоретические проблемы минералогии и геохимии, и наряду с этим он настойчиво зовет к изучению минералов, имеющих выдающееся практическое значение, наиболее необходимых народному хозяйству: абразивов, бокситов, каолинов, глин, слюд, кварцевых материалов, полевых шпатов и т. п.

К этому времени относится следующий отзыв об А. Е. Ферсмане В. И. Вернадского, А. П. Карпинского, А. Н. Крылова:

„В лице А. Е. Ферсмана наша страна имеет одного из наиболее талантливых минералогов, прекрасного знатока минералов вообще, энергичного исследователя часто очень трудных для изучения так называемых неблагодарных минеральных образований, не привлекающих исследователя ни внешней красотой, ни определенными ясно выраженными кристаллографическими признаками, — исследователя минералов в различных направлениях, выясняющих их близкое отношение к другим отраслям знания, их генезис и их роль в области, отмечаемой теперь иногда названием «геохимия».

„Увлеченный интересом к научному изучению, А. Е. Ферсман, превосходно владеющий даром ясного и красноречивого изложения, вносит это увлечение не только в среду своих учеников, но нередко и в среду сотоварищей по науке“.[1]

В феврале 1919 г., в возрасте 35 лет, А. Е. Ферсман был избран действительным членом Академии Наук и одновременно занял должность директора Минералогического музея Академии.

С этого времени А. Е. непрерывно вел громадную организационную и административную работу прежде всего в Академии Наук, где занимал следующие многочисленные посты:

[1] Записка об ученых трудах профессора А. Е. Ферсмана. (II прилож. к прот. XVII засед. Отд. физ.-мат. наук Российск. Акад. Наук 27/14 ноября 1918 г., § 424). „Записка“ подписана академиками В. И. Вернадским, А. Н. Крыловым и А. П. Карпинским.

члена Президиума, вице-президента, академика-секретаря Отделения математических и естественных наук, председателя Комиссии экспедиционных исследований, председателя Совета по изучению производительных сил Союза, руководителя издательского дела, директора типографии, директора Радиевого института, директора Уральского филиала АН СССР, директора Кольской базы, директора Геохимического института, директора Института кристаллографии, минералогии и геохимии им. М. В. Ломоносова, директора Геологического института, директора Ильменского минералогического заповедника и мн. др.

Кроме того, с 1920 г. А. Е. состоял директором Географического института, а затем, с 1925 г., после слияния этого института с Ленинградским университетом, первым деканом Географического факультета.

При ближайшем участии А. Е. были организованы: Институт археологической технологии при Академии материальной культуры, директором которого он состоял, Северная научно-промысловая экспедиция (впоследствии Институт по изучению Севера), Бюро НИС при Наркомтяжпроме, председателем которого он был, и мн. др.

В 1927 г. А. Е. стал заниматься вопросами применения авиации к географическим и геологическим исследованиям, в частности аэрофотосъемкой. Он много пишет об этих предметах, организует Институт аэросъемки и становится первым его директором.

Позднее А. Е. создает при Академии Наук особую Комиссию по применению аэросъемки.

А. Е. был не только ученым, но и государственным и общественным деятелем. Он вел большую работу в качестве члена Туркменского ЦИК, ЦИК Кара-Калпакской АССР, Челябинского облисполкома, депутата Хибиногорского горсовета, Миасского райсовета и т. д.; участвовал в работе всесоюзных, всероссийских, областных и районных съездов, состоял организатором и руководителем краеведче-

ских обществ, почетным членом Минералогического общества, Географического общества, Московского общества испытателей природы, Общества охраны природы и др.

А. Е. выдвигал в Госплане СССР, в совнаркомах союзных республик и на многочисленных съездах и конференциях животрепещущие вопросы о новых промышленных узлах в разных местностях СССР, о комплексном использовании ископаемого сырья отдельных районов, о научной базе хозяйственного строительства, о химизации страны, о комбинированном хозяйстве, об организации научных станций и т. п.

За наилучшую работу по химизации СССР А. Е. получил в 1928 г. премию имени В. И. Ленина.

Особенно интенсивной была работа Александра Евгеньевича в связи с осуществлением первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР. Исторические задачи, поставленные перед нашей Родиной Коммунистической партией и Советским правительством, открыли огромное поле деятельности и перед учеными, и А. Е. целиком посвятил себя работе по созданию минерально-сырьевой базы СССР, принимал активное участие в строительстве целого ряда новых промышленных центров Советского Союза.

В итоге первой пятилетки наша Родина превратилась из аграрной страны в страну индустриальную, из отсталой в передовую, из слабого и неподготовленного к обороне государства — в могучую державу.

Успехи социалистического строительства были умножены нашим народом и нашими учеными в период второй и третьей пятилеток. На протяжении всей этой кипучей, поистине героической эпохи А. Е. Ферсман неустанно работал над самыми актуальными проблемами минерального сырья и над вопросами приложения минералогии и геохимии к поискам полезных ископаемых.

Оценивая творческий путь А. Е. Ферсмана, приходится изумляться необозримому разнообразию его научных и прак-

тических интересов и совершенно исключительной работоспособности. А. Е. при постоянном пребывании в гуще практической, организаторской работы, находил время и силы не только для научной, но и для огромной и вдохновенной литературной деятельности.

В 1920—1922 гг. вышел из печати первый том монографии „Драгоценные и цветные камни России" — единственная по полноте и тщательности сводка громадного материала по месторождениям наших самоцветов, большим знатоком которых был А. Е. Затем следует серия написанных прекрасным языком научно-популярных книг и статей [Время (1922), Химия мироздания (1923), Три года за полярным кругом (1924)]. Одновременно появляется „Геохимия России" — первый и блестящий опыт регионального геохимического описания нашей страны, в котором научные построения автора были облечены в безупречную литературную форму. Далее следуют: „Химико-технический справочник" (совместно с Д. И. Щербаковым); множество обстоятельных очерков для четырехтомного издания „Нерудные ископаемые"; второй том „Драгоценных и цветных камней СССР", посвященный описанию важнейших месторождений; монографии о редких минералах Средней Азии и об изумрудных копях. В 1931 г. появляется первое издание фундаментального труда „Пегматиты", одного из лучших творений А. Е., определившего весь ход исследовательской работы в данной области. К этому замечательному труду А. Е. мы еще вернемся.

Отметим попутно, что А. Е. всю жизнь принимал живейшее участие в ряде периодических изданий, выступая со статьями на различные темы в журналах „Природа", „Наши достижения", „Вестник знаний", „Огонек", „Наука и жизнь", „Уральский техник" и др.

Наряду с этой разнообразной и напряженной деятельностью Александр Евгеньевич вел огромную работу как полевой исследователь. Он успевал посетить самые разно-

образные районы нашей страны: Хибинские тундры на Кольском полуострове, цветущую Ферганскую долину, знойные пески Кара-Кумов и Кизыл-Кумов в Средней Азии, таежные пространства Прибайкалья и Забайкалья, лесистые восточные склоны Урала, Алтай, Украину, Крым, Северный Кавказ и Закавказье.

Особенный интерес представляет „героическая эпоха“ исследований Хибинских тундр (начиная с 1920 г.) и Монче-тундры (1930) на Кольском полуострове, начатых по инициативе и под непосредственным руководством А. Е. Ферсмана и встретивших самую горячую поддержку со стороны С. М. Кирова. Величайшим достижением А. Е. было открытие мирового значения месторождений апатита и медно-никелевых руд.

В 1926 г. А. Е. выдвинул блестящую проблему огромного практического значения: отыскание новых технологических способов для переработки апатитовых руд на минеральное удобрение. Эта проблема в связи с необычайным составом сырья казалась в то время почти неразрешимой. И немедленно же А. Е. ставит на повестку дня второй вопрос — использование нефелиновых хвостов обогатительной фабрики.

В 1929 г. положено было начало промышленного использования хибинских апатитов. Невиданными темпами шло строительство: проведение железной дороги, создание рудника, научной станции. Как по волшебству, воздвигался новый город Хибиногорск, ныне Кировск. В 30-х годах вырастает другой новый город — Мончегорск.

Все последующие годы А. Е. неразрывно связан с Хибинами: он неустанно работал над геохимией и полезными ископаемыми Кольского полуострова, часто выезжал туда, фактически направляя всю научно-исследовательскую работу крупного коллектива ученых. Наряду с большой консультационной деятельностью и участием в организации различных исследовательских работ А. Е. настойчиво добивался изуче-

ния технологии совершенно новых видов минерального сырья. Вместе с тем А. Е. широко популяризовал в прессе, в многочисленных публичных выступлениях необходимость комплексного использования полезных ископаемых северо-западной области нашей страны.

В течение ряда лет А. Е. руководил специальным бюро по использованию ископаемых богатств Кольского полуострова, созданным по его инициативе при Наркомтяжпроме. С той же основной целью — изучения и освоения богатств Заполярья — была создана в 1930 г. по инициативе А. Е. Хибинская горная станция Академии Наук СССР (ныне Кольский филиал АН СССР). Директором филиала был назначен А. Е.; на этом посту он оставался до последних дней жизни.

Много рудных богатств было открыто в глухих лесах и на горах Кольского полуострова отрядами, двинутыми туда глубокой геохимической интуицией А. Е. Глухой, дикий, почти неизученный уголок далекого севера превратился за 5—6 лет в важнейший горнопромышленный район.

Вот как сам А. Е. пишет об этих страницах своей яркой биографии: „Среди всех переживаний прошлого, среди разнообразных картин природы, человеческой деятельности — самым ярким в моей жизни явились впечатления Хибин — целого научного эпоса, который почти 20 лет заполнял все мои думы, силы, энергию, овладел всем моим существом, заострил волю, научную мысль, желания, надежды. Были годы, когда вся жизнь, все интересы вращались только вокруг Хибин, заостряя целеустремленность, укрепляя взаимным интересом, создавая молодых и старых хибинцев — целое «племя» увлеченных людей. Только этим упорством и упрямством, только огромной работой над Хибинами мы смогли добиться результатов в этой стране чудес, стране, как в сказке постепенно раскрывавшей перед нами свои богатства“.

Блистательная эпопея Хибин не заслоняет других научных предприятий А. Е.

В 1924 г. А. Е. начинает свои работы в Средней Азии, и интерес его к этой части Советского Союза не ослабевает до конца жизни. В 1925 г. А. Е. предпринимает смелое путешествие в тогда почти неизведанные центральные Кара-Кумы и открывает богатое месторождение самородной серы, которое становится достоянием советской промышленности. В результате этого был построен первый в СССР завод по получению серы.

А. Е. смело предсказывал широкий расцвет горной промышленности Средней Азии, борясь силой фактов и научного убеждения с сомнениями скептиков, шаг за шагом завоевывал углубленной научной работой признание большого индустриального будущего этой части Советского Союза. Преждевременная смерть помешала А. Е. обобщить свои наблюдения в монографии, подобной той, которую он дал по Кольскому полуострову. Но его идеи нашли благоприятную почву, являясь и поныне путеводными нитями для работы по освоению недр республик Средней Азии.

Гигантская, напряженная работа в конце концов сказалась на сильном организме А. Е. Ферсмана. Начиная с 1933 г. он стал всё чаще и чаще болеть, иногда отрываясь надолго от научной и организационной деятельности.

Однако, несмотря на болезнь печени и ослабление сердечной деятельности, Александр Евгеньевич находит в себе силы для разработки новых научных вопросов и для ряда плодотворных экспедиционных поездок. В 1936 г. выходит в свет его книга „Цвета минералов", намечающая пути разрешения сложного вопроса о природе окраски минералов.

За время с 1937 по 1940 г. А. Е. закончил третий и четвертый томы „Геохимии", завершив таким образом фундаментальный труд, посвященный химии элементов земного шара, — замечательное по своей силе и творческому предвидению произведение, где на основе законов физической химии впервые в истории науки дан широкий анализ закономерностей превращения атомов в коре земного шара. Характерной осо-

бенностью труда является использование идей энергетики кристалла для построения величественного здания новой науки — геохимии. Далее мы даем подробное рассмотрение этого огромного труда, принесшего А. Е. Ферсману и в лице его русской геохимии мировую славу. Лондонское геологическое общество присудило А. Е. в 1943 г. высшую геологическую награду — палладиевую медаль Волластона.

Одновременно А. Е. Ферсман переработал, значительно дополнив, „Пегматиты", выпущенные в 1940 г. третьим изданием.

Занимаясь вопросами обеспечения народного хозяйства полезными ископаемыми, А. Е. попрежнему уделяет много внимания самому методу поисков минерального сырья с целью их рационализации. Этой задаче служит его оригинальная работа „Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых", вышедшая в 1940 г.



Переходя к анализу наиболее крупных работ А. Е. Ферсмана советского периода, следует отметить в них три ведущих направления.

Первое из них можно назвать „топо-минералогическим", намечающим закономерности пространственного распространения минералов и химических элементов.

А. Е. Ферсман рассматривал в своих работах минералы не сами по себе, вне зависимости от той природной обстановки, в какой они встречаются, а вместе и в связи с этой обстановкой. Он занимался исследованиями обширных районов, подмечая закономерности возникновения и распространения минералов, зависящие от особенностей геологического строения местности и от других факторов.

Одной из наиболее ранних работ А. Е. данного направления надо считать небольшую статью о Монголо-Охотском

поясе (1926), в которой он устанавливает характерные металлогенические черты обширной и протяженной зоны, или пояса. Наиболее южные точки этого пояса, как отмечал А. Е. Ферсман, были обнаружены Монгольской экспедицией. Академии Наук, которая открыла отдельные месторождения свинцового блеска и огромную область пегматитовых жил с дымчатым кварцем, аметистом, топазом и оловянным камнем.

Из намеченных в статье научных положений А. Е. Ферсман сделал некоторые практические выводы. Он указывал, что общий закономерный характер Монголо-Охотского пояса позволяет планомерно вести в нем как геохимическое (а тем самым и практическое) освещение определенных территорий, так и поиски определенных минеральных видов и сделать ряд предсказаний.

С тех пор прошли многие годы. В Забайкалье были проведены крупнейшие разведочные работы. На их основе возникли многочисленные горнодобывающие предприятия. Идеи А. Е. Ферсмана, оказавшиеся очень плодотворными, получили за истекший период полное подтверждение и дальнейшее развитие. Советские геологи во главе с акад. С. С. Смирновым значительно уточнили границы Монголо-Охотского пояса и показали, что он не упирается в Охотское море, а, заворачивая сначала к западу, идет к северу до Ледовитого океана. Таким образом, пояс имеет громадное протяжение, открывающее всё новые и новые возможности расширения минерально-сырьевой базы для нашей промышленности.

В дальнейшем А. Е. Ферсман обобщил свои исследования данного направления в небольшой книжке „Основные черты геохимии Союза“ (1931). Здесь А. Е. изложил главные положения, которыми следует руководствоваться при региональных геохимических и топо-минералогических работах.

„Геохимия, — говорит А. Е. Ферсман, — как наука о миграции и распределении отдельных химических элементов,

определяет собой законы и накопления и рассеяния, в частности и тех веществ, которые называются полезными ископаемыми.

„Три основных фактора определяют законы современного распределения химических элементов в доступной человеку части земной коры: геологическая история, почвенно-климатическая зональность и современная тектоника и орография. В результате сочетания этих факторов возникают определенные геохимические системы, а именно — геохимические щиты, пояса, поля, зоны и концентры; к ним относятся также и геохимические провинции, циклы и эпохи“.[1]

Геохимическим щитом А. Е. Ферсман считал более устойчивые платформы архейского возраста, отвечающие по своему геохимическому комплексу глубинным процессам; геохимическими поясами — области тектонического нарушения, окаймляющие более устойчивые щиты и представляющие районы интенсивной геохимической миграции; геохимическими полями — определенные районы геохимических процессов, связанные преимущественно с водными и материковыми накоплениями и перемещениями химических масс; геохимическими зонами — широтные климатические зоны со всей совокупностью вызванных ими специфических особенностей миграции элементов почвенного покрова и биосферы; геохимическими концентрами — зональное распределение химических образований вокруг остывающих массивов, связанное с постепенным падением температуры от очага к периферии (радиально, т. е. по глубине и в сторону); геохимическими циклами — совокупность геологических явлений, связанных с определенной замкнутой геологической причиной; геохимическими провинциями — области, геохимически однородные и характеризующиеся определенными ассоциациями химических элементов;

---

[1] А. Е. Ферсман. Геохимические проблемы Союза. Очерк первый. Основные черты геохимии Союза. Тр. СОПС АН СССР, серия полезн. ископ., 1931, вып. 2, стр. 39.

геохимическими эпохами — периоды специфического накопления отдельных элементов или целой ассоциации элементов.

Основными и геохимически наиболее важными геохимическими системами СССР А. Е. Ферсман считал:

а) щиты — Феноскандинавский, Восточносибирский и Украинский;

б) пояса — неоархейский, эозойский и каледонский (сибириды), герцинский (уралиды), киммерийский (частью тавриды) и альпийский (кавказиды);

в) поля — Приуральское, Восточносибирское и др.;

г) зоны — тундровая, лесная, степная, озернс-пустынная и горные южных цепей;

д) эпохи — герцинская, эомезозойская и альпийская.

„Главнейшие геохимические процессы, — как отмечал А. Е., — определяющие основные линии распределения элементов, — это магматические процессы архея и палеозоя, особенно герцинских явлений, тектоническая история третичной и новейшей истории и климатическая зональность этих же периодов.

„Пеоесечение отдельных самостоятельных геохимических систем и их взаимное наложение приводят к особому накоплению и сочетанию элементов и, в частности, к особому накоплению полезных веществ“.[1]

Точки пересечения или наложения геохимически закономерных систем А. Е. Ферсман назвал „геохимическими узлами“, причем особенностью этих узлов считал обычное в них сочетание разнообразных геохимических ассоциаций.

„Узловые точки в СССР определяются прежде всего пересечением больших герцинских и альпийских поясов широтными климатическими зонами, наложением разных поясов друг на друга и т. д.

---

[1] А. Е. Ферсман. Геохимические проблемы Союза. Очерк первый. Основные черты геохимии Союза. Тр. СОПС АН СССР, серия полезн. ископ., 1931, вып. 2, стр. 39.

„Наиболее характерными геохимическими узловыми точками СССР надо считать: пересечение уралид с кавказидами в Средней Азии, наложение пустынных зон и полей на герцинский пояс Урала, взаимное наложение нескольких поясов (Забайкальский или Кузнецко-Минусинский узлы).

„Геохимические узловые точки намечают собой места с наибольшей концентрацией различных элементов и потому практически предопределяют основные точки концентрации минерального сырья.

„Геохимические данные должны ориентировать поисковую и разведочную работу в направлениях, предуказанных общими геохимическими представлениями“.[1]

Опираясь на свои научные взгляды, А. Е. высказал и доказал очень важное положение о том, что „география промышленных центров должна учитывать геохимические законы, как определяющие распределение основных видов сырья и источников энергии“.[2]

Перейдем ко второму ведущему направлению в творчестве А. Е. Ферсмана за советский период. Особенно много и плодотворно А. Е. работал над исследованием пегматитового процесса. Он начал изучать пегматитовые жилы — производные магматических очагов преимущественно гранитного состава — с первых шагов своей самостоятельной научной деятельности. Ими он занимался всю жизнь. Итоги этой замечательной исследовательской работы подведены в монографии „Пегматиты“, выдержавшей три издания.

Рассмотрим вкратце результаты исследований А. Е. в данной области.

Известно, что образование наибольшей массы магматической породы связано с главной стадией кристаллизации

[1] Там же.
[2] Там же.

магмы, во время которой имеет место выделение ряда минералов. Одновременно с этим происходит постепенное обеднение остающегося расплава одними элементами, уходящими на построение минералов, и его обогащение другими элементами.

В результате создается „остаточный“ расплав, несколько отличающийся от первоначального по составу, в особенности — по богатству различными газами. Кристаллизация этого остаточного расплава приводит к образованию особых пород, получивших название пегматитов, которые обычно встречаются в виде жильных тел, сложенных очень крупными кристаллами полевых шпатов, кварца, слюды и других, более редких минералов. Наибольшее распространение имеют пегматиты гранитного типа, очень напоминающие по своему минералогическому составу гранитную породу.

А. Е. Ферсман рассматривал процесс их образования как кристаллизацию остаточного расплава гранитов, обогащенного летучими составными частями, как бы выдавленного из застывающей магмы в периферические части. Действительно, пегматитовые жилы залегают обычно в самых верхних частях гранитного очага, заполняя в нем трещины, или находятся в непосредственной к нему близости, во вмещающей оболочке. В них образуются ценные редкие минералы: берилл, сподумен, колумбит и танталит, иногда оловянный камень, урановые и ториевые соединения. Кроме берилла, в пегматитовых жилах встречаются и другие драгоценные камни, имеющие практическое значение.

При разработке пегматитов, кроме этих минералов, добываются в больших количествах полевой шпат и кварц, используемые для керамической промышленности, и нередко светлая слюда — мусковит.

Остаточный гранитный расплав, дающий начало пегматитам, так же как и магма, испытывал в процессе кристаллизации ряд закономерных превращений, приводящих к образованию различных минеральных группировок. При понижаю-

щихся температурах непрерывно изменялся состав твердой, жидкой и газообразной частей пегматита. Температурные промежутки, отвечающие некоторым определенным состояниям среды, названы, по предложению А. Е., „геофазами пегматитового процесса“.

А. Е. выделил условно 11 геофаз, начиная с температуры примерно в 1000°, обозначив их начальными буквами латинского алфавита. Собственно пегматитовый процесс характеризуется почти одновременной кристаллизацией главных составных частей, идущей обычно при температуре 700—650° или в геофазу С. Дальнейший процесс совершается таким образом, что в определенные моменты остаточный расплав начинает разъедать ранее образовавшиеся минеральные комплексы, замещая их вновь образующимися соединениями, что в особенности характерно для верхних участков жил.

Таким образом, каждая геофаза характеризуется определенной ассоциацией минералов, лишь ей свойственной. Количественное преобладание продуктов той или иной фазы в окончательно затвердевшем пегматите определяет тип пегматита. К концу геофазы G при температуре около 400° пегматитовый процесс кончается, сменяясь иногда гидротермальным, т. е. связанным с перегретыми водными растворами.

Изучая минералогический состав самых различных пегматитов, А. Е. выделил 10 типов пегматитов так называемой чистой линии, или таких, в которых на ход реакции почти не влияет химический состав вмещающих пород. Накопление некоторых элементов или образование промышленно важных минералов совершается очень закономерно лишь в определенных типах пегматитов.

По классификации А. Е., пегматитовые жилы гранитов разделяются на следующие типы: I) обычные и церовые пегматиты (с монацитом, ортитом, гранатом); II) пегматиты с редкими элементами; III) боро-фтористые (шерловые и мусковитовые, со светлой слюдой); IV) фторо-бериллиевые

(бериллоые и топазовые); V) натрово-литиевые (альбитовые и лепидолитовые, иногда с оловянным камнем); VI) литиево-фосфорные; VII) криолитовые; VIII) фторо-карбонатные; IX) сульфидные и другие.

Таким образом, А. Е., рассматривая разнообразие пегматитовых жил, отметил их наиболее характерные общие черты и дал классификацию их по особенностям минералогического состава и по убывающей температуре образования, указал на промышленное значение каждого из выделенных типов.

Третьим ведущим направлением в работах А. Е., с особенной яркостью проявившимся во второй половине его жизни, надо считать исследования в области геохимии. Они создали А. Е. мировую известность, выдвинув его в ряды передовых ученых нашего времени.

Подобно геофизике, которая занимается изучением физических свойств земного шара и сущностью физических явлений, протекающих в земной коре, геохимия исследует химические свойства земной коры. Геохимия изучает поведение в земной коре отдельных химических элементов, выясняет условия их перемещения, странствования, условия, при которых они соединяются, словом, изучает их миграцию в земной коре, отчасти и за ее пределами. А. Е. подчеркивал, что „законы сочетания элементов и минералов при различных давлениях и температурах в разных участках земной коры и представляют те проблемы, над которыми работает современная геохимия“.[1]

Иначе говоря, геохимия занимается историей химического атома в земной коре и по возможности во всей Земле. „Геохимия идет рука об руку с геологическими и химическими науками“.[2]

[1] А. Е. Ферсман. Геохимия Урала. Журн. „Наука и жизнь“, 1938, № 5, стр. 2—8.

[2] Там же.

В основу геохимических исследований А. Е. Ферсман положил проблему выяснения относительной распространенности тех или иных химических элементов в земной коре. Как известно, неравномерное содержание химических элементов типично не только для Земли, но и для других небесных тел.

А. Е. Ферсман усовершенствовал метод определения процентного содержания химических элементов, или „частоты“ элементов в земной коре, и предложил выражать это содержание в атомных процентах. Он объяснил неравномерное распределение элементов в Земле особенностями строения их атомов. Распространенными оказываются элементы с наиболее устойчивыми атомами. Трудно разложимыми являются легкие, четные элементы с атомным весом, кратным 4. Среди наиболее устойчивых атомов следует отметить первые 28 элементов Менделеевской таблицы. Тяжелые элементы с большим атомным номером, с громоздкими и легко распадающимися ядрами значительно более редки.

А. Е. Ферсман считал, что вычисление „частоты“ элементов, или, как принято говорить, их „кларков“, имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как резкое повышение „кларков“ в результате геологических и физико-химических процессов приводит к промышленной концентрации различных химических элементов, т. е. к образованию месторождений полезных ископаемых. „Частота“ элементов определяет важные особенности в поведении их на Земле, в том числе способность образовывать то или иное количество минералов, выпадать в той или иной последовательности из растворов и расплавов и т. д.

Чем выше „частота“, или „кларк“, данного элемента в земной коре, тем больше, как правило, число минералов, образуемых им, и тем раньше минералы данного элемента выпадают из растворов и расплавов. При особенно малой частоте элемента он вообще не может образовать самостоятельных минералов; в этом случае он захватывается кристаллическими структурами минералов, состоящих из других, более

распространенных элементов, образует изоморфные примеси или присутствует в форме не совсем пока ясных „микрокосмических примесей“.

Отсюда вполне понятен большой интерес к проблеме „частот“ элементов на Земле. Разрешение этой проблемы является поэтому основной задачей геохимии. А. Е. Ферсман в первом томе своей фундаментальной „Геохимии“ приводит таблицы „частот“ всех элементов Менделеевской таблицы с цифрами, частично вычисленными им самим.

Много внимания уделил А. Е. Ферсман и другой важнейшей проблеме геохимии — учению о процессах концентрации и рассеяния вещества или миграции химических элементов. Он собрал колоссальный фактический материал по этому вопросу, обобщил его во втором томе „Геохимии“, наметил ряд важных закономерностей и объяснил их, исходя из свойств атомов. Можно смело сказать, что А. Е. первый среди ученых так углубленно и широко разработал проблемы миграции элементов и первый детально проанализировал многообразные случаи перемещения атомов в самых различных физико-химических условиях их существования на Земле. А. Е. показал зависимость миграции атомов от внешних геологических факторов, связанных с термодинамической обстановкой среды, и от внутренних факторов, зависящих от свойств самих атомов.

Процессы концентрации и рассеяния вещества А. Е. считает двумя сторонами единого процесса миграции атома. На разных стадиях жизни Земли господствовали различные типы миграции атомов: в начальном „звездном“ периоде решающую роль играли свойства ядра атомов; по мере охлаждения небесных тел и появления электронных оболочек около ядер — именно строение этих оболочек определяло дальнейшую миграцию атомов.

Большое внимание А. Е. Ферсман уделял также явлениям изоморфизма, или замещения одних элементов другими в природных кристаллических постройках — минералах. При

этом он широко пользовался представлением о радиусах ионов или атомов элементов. Замещения идут легче всего тогда, когда элементы обладают сходными радиусами ионов, т. е. сходными величинами замещающих друг друга частиц, рассматриваемых как электрически заряженные сферы, т. е. электростатические системы.

Особого интереса заслуживает разработанная А. Е. геоэнергетическая теория (теория парагенеза). Обоснованию этой теории А. Е. посвятил ряд работ, а также третий том „Геохимии", где рассматривает последовательность кристаллизации минералов с энергетической точки зрения.

Образование минералов в природе чаще всего происходит при кристаллизации их из растворов или расплавов в результате понижения температуры системы.

Естественные процессы, как известно, протекают в направлении роста рассеяния энергии (энтропии). А. Е. допустил, что мерой роста энтропии для диссоциированных систем — в первом приближении — может быть принята энергия кристаллической решетки образующихся минералов. Таким образом, А. Е. сформулировал следующее основное положение геоэнергетической теории: „Последовательность кристаллизации из диссоциированных дисперсных систем следует порядку понижения энергии решеток и может быть названа нами законом роста энтропии по убывающим уровням".[1] Поэтому для решения важного вопроса о последовательности кристаллизации минералов из расплавов и растворов необходимо знать энергию кристаллических решеток этих минералов.

А. Е. предложил свой приближенный метод вычисления, введя понятие энергетических коэффициентов, т. е. паев энергии, вносимых каждым ионом в кристаллическую решетку. Для каждого простого и комплексного иона, участвующего в строении минералов, А. Е. вычислил значения энергетиче

---

[1] А. Е. Ферсман. Геохимия. Т. III. Изд. Химтеорет, Л., 1937, стр. 503.

ских коэффициентов и дал простой способ расчета энергии решеток, исходя из энергетических коэффициентов ионов, составляющих данную решетку.

Эта энергия получается путем сложения энергетических коэффициентов ионов, подобно тому, как молекулярный вес соединения получается сложением атомных весов входящих в него элементов. Таким путем А. Е. удалось вычислить энергии кристаллических решеток многих наиболее важных природных минералов с точностью, достаточной для геохимических выводов, и применить полученные им величины для объяснения, с единой энергетической точки зрения, разнообразных по своему характеру природных процессов дифференциации веществ.

Последовательно во всех своих геохимических работах А. Е. проводил основную мысль — о связи распространения и поведения элементов на Земле с их свойствами. Поэтому А. Е. постоянно отводил особую роль, как одному из методов геохимии, анализу периодической системы Менделеева. Пользуясь таблицей Менделеева, А. Е. дал геохимическую классификацию элементов, доказав, что естественные ассоциации элементов основных и средних магматических пород занимают верхнее поле развернутой таблицы, элементы пегматитов — нижнее левое, а элементы сульфидных жил — нижнее правое поле. К помощи периодической системы А. Е. прибегал и в ряде других случаев; так, например, условно обозначая относительную частоту тех или иных элементов для различных территорий или различных геохимических процессов и сопоставляя полученные таблицы одну с другой, Ферсман наглядно показал геохимические различия территорий или процессов и сделал соответствующие выводы как теоретического характера, так и практического значения, важного для направления поисковых работ.

А. Е. ввел целый ряд научных терминов, которые вошли сейчас в повседневный научный обиход, например слова „кларк", „геофаза", „гипергенез", „геохимический градиент",

„геохимический концентр“, „параген“, „энергетический коэффициент“ (эк), „эндокриптия“ и т. д.

Свои выводы А. Е. строил на собственных богатейших наблюдениях, на прекрасном знании колоссального фактического материала, почерпнутого при его многочисленных поездках по самым разнообразным месторождениям в Советском Союзе и за границей и при глубоком изучении музейных материалов разных стран, а также на результатах экспериментов в интересующих его областях, за которыми он постоянно и внимательно следил.

А. Е. придавал исключительно важное значение методу исследования, и всем нам хорошо известны его неоднократные высказывания по этому поводу.

Иногда „особо строгие критики“, отдавая должное научным заслугам А. Е., не прочь назвать отдельные его построения фантастическими, выходящими за рамки дозволенного наукой сегодняшнего дня. Действительно, А. Е. прибегал иногда к научной фантазии там, где формальная научная логика была бессильна помочь ему в его широких обобщениях, например в попытках уже сейчас, на данном этапе науки, нарисовать общую картину истории атома на Земле и в космосе. Но вспомним известные слова величайшего реалиста и ученого В. И. Ленина о фантазии: „Напрасно думают, что она [фантазия] нужна только поэту. Это глупый предрассудок! Даже в математике она нужна, даже открытие диференциального и интегрального исчислений невозможно было бы без фантазии. Фантазия есть качество величайшей ценности...“.[1]

Для А. Е. характерен исторический подход к природным явлениям, господство динамических воззрений и практическая направленность.

Пройдут века, и в быстро развивающейся геохимии будет сделано еще очень, очень многое, но имя А. Е. Ферсмана

---

[1] В. И. Ленин, Соч., т. 33, стр. 284.

как одного из основоположников геохимии навсегда останется в истории и будет вспоминаться вместе с именами других крупнейших ученых первой половины XX в.

В 1941 г. А. Е. Ферсман закончил начатую ранее сводку „Полезные ископаемые Кольского полуострова“. В ней автор не только суммирует весь ныне известный фактический материал, но дает научный анализ отдельных геохимических формаций, оценивает связанные с ними практические перспективы, показывает их значение для различных горнохимических производств. За эту работу Александру Евгеньевичу в 1942 г. присуждена Сталинская премия первой степени.

А. Е. не ограничивался вопросами изучения только своей Родины. Он стремился также дать картину ископаемых богатств зарубежных стран, полагая, что ясные о них представления имеют большой государственный интерес. В ряде статей он охарактеризовал ископаемое сырье Запада.

Эти мысли особенно занимали его и в период Отечественной войны, когда в ряду множества всевозможных книг и очерков на военные темы им был написан обширный и обстоятельный труд о стратегическом сырье зарубежных стран. В этой капитальной работе проанализированы отдельные крупные геохимические комплексы, встреченные на земном шаре, со всей спецификой их полезных ископаемых, обусловленной геологической историей, а также рассмотрены отдельные виды минерального сырья и обеспеченность ими борющихся стран. В этом произведении ярко показано влияние размещения основных сырьевых баз на стратегические планы и на ход военных операций. Вместе с тем, в нем четко отражены крупнейшие сдвиги в области добычи ранее известных руд и эксплуатации новых видов сырья и новых месторождений.

Незадолго до смерти Александр Евгеньевич, оценивая уроки войны, особенно подчеркивал необходимость широ-

кого внедрения геохимии в послевоенную практику. Он приводил поразительные примеры прогноза новых видов минерального сырья и указывал на успешные находки заменителей, на хорошие результаты комплексной переработки и новые пути минеральной технологии.

Следует остановиться на большой работе А. Е. по организации помощи Советской Армии, героически боровшейся с немецкими захватчиками. А. Е. создал Комиссию научной помощи Советской Армии при Отделении геолого-географических наук АН СССР, возглавлял и направлял ее работу. Под его непосредственным руководством, в теснейшем контакте с различными военными организациями, успешно разрабатывались многочисленные задания. А. Е. неоднократно выезжал в воинские части с докладами, писал специальные очерки, напечатал много популярных статей в военных журналах.

В последние годы жизни Александр Евгеньевич вновь вернулся к своим любимым темам — к пегматитам и самоцветным камням. Завершив написание первого тома „Пегматитов", А. Е. начал продумывать материалы по второму тому, который должен был охватить пегматиты щелочных и основных магм. К сожалению, труд остался незаконченным.

Была также задумана как своеобразная энциклопедия камня большая монография „История камня в истории культуры человечества". Первая ее часть, связанная с историей русского камня, с русской природой, с историей обработки камня в нашей стране, с будущим камня в СССР, вышла в свет.[1]

Лебединой песней А. Е. Ферсмана оказалась книга о его учителе и друге В. И. Вернадском, незадолго перед тем сошедшем в могилу (6 I 1945). Смерть любимого учителя потрясла А. Е. Его мысль долго не мирилась с этой потерей; хотелось видеть дорогой образ живым, и А. Е. решил

---

[1] Акад. А. Е. Ферсман. Очерки по истории камня. Т. I. Изд. АН СССР, 1954.

воссоздать его для грядущих поколений. Свыше 40 лет В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман были связаны совместной научной работой и глубокой дружбой. А. Е. Ферсман бережно хранил многочисленные письма В. И. Вернадского и в них черпал материалы для воспоминаний о различных этапах богатой жизни своего учителя. Над этой книгой он работал до самого последнего часа своей жизни. Замечательная книга также осталась незаконченной — неумолимая смерть оборвала работу над ней...

Литературное наследие А. Е. огромно. Он опубликовал около 1500 заметок, статей, малых и больших монографий. Его печатная продукция, так же как вся деятельность, исключительно велика и разнообразна. Кроме трудов по кристаллографии, минералогии, геологии, минеральному сырью, химии и геохимии, географии, аэрофотосъемке, А. Е. оставил работы по астрономии, философии, искусству, археологии, по истории естествознания, почвоведения, биологии и другим разделам науки.

Необходимо особо отметить деятельность Александра Евгеньевича как блестящего, талантливого, непревзойденного популяризатора геологических знаний, писателя — поэта камня. Его доклады, лекции, личные беседы вдохновляли, захватывали слушателей самых разнообразных возрастов и профессий, а многочисленные научно-популярные статьи находили читателей во всех уголках Союза ССР. Непрерывное общение А. Е. с народными массами благодаря частым и длительным экспедициям в самые отдаленные края нашей страны, от холодного севера до жарких пустынь Средней Азии, и тот интерес к геологическим исследованиям, который А. Е. наблюдал на местах, привели его к мысли написать ряд книг для юного и для мало подготовленного читателя. В 1928 г. появилось первое издание „Занимательной минералогии“, в настоящее время выходящей двадцать пятым изданием и переведенной на несколько иностранных языков. В 1940 г. вышли „Воспоминания о камне“, вызвавшие восторженный

отзыв А. Н. Толстого. Уже после смерти А. Е. были напечатаны „Мои путешествия“, „Занимательная геохимия“, „Рассказы о самоцветах“. Все эти книги доставили А. Е. широкую популярность среди читателей всех возрастов.

Такие книги не рождаются внезапно. Это — результат долгих лет творческого труда и опыта; в них отражена вся жизнь ученого. В то же время это книги опытного и талантливого педагога, которому дороги задачи воспитания научной молодежи, нашей молодой смены.

Своим горячим словом блестящего оратора и писателя А. Е. зажег любовь к минералогии и геохимии в целой армии молодежи и увлек большое число научных работников к новым исследованиям и исканиям.

В личной жизни А. Е. был обаятельным человеком. Никто, как он, не умел захватывать, заражать окружающих своей энергией. За какую бы трудную работу А. Е. ни брался, он выполнял ее всегда с энтузиазмом. Сколько трудностей преодолели благодаря этому коллектив хибинцев, работники каракумских экспедиций и другие сотрудники А. Е. С необыкновенной легкостью он разрешал самые сложные вопросы, поражая иногда быстрыми и остроумными заключениями А. Е. был всегда душой самых разнообразных заседаний и конференций, объединяя их участников вокруг ведущих вопросов, необычайно умело и оживленно руководя обсуждением, точно, полно и блестяще подводя общие итоги и всегда намечая конкретный план дальнейших действий.

Всё интересовало Александра Евгеньевича — работа научных обществ, жизнь высшей и средней школы, творческая деятельность отдельных людей. Всё живое, злободневное, всё важное и значительное для Родины глубоко волновало его, вызывало немедленный и горячий отклик.

Всегда живой, веселый, радушный, он был приветлив со всеми. К нему всякий шел за советом и поддержкой, особенно если надо было „продвинуть“ какое-либо новое начинание, новые идеи. И Александр Евгеньевич, чуткий ко всему пере-

довому и полезному, всегда охотно помогал, хлопотал, давал бесценные указания.

Во время научных экскурсий он захватывал своей жизнерадостностью, поражал наблюдательностью и блеском выводов. Память у него была замечательная, эрудиция — совершенно исключительная, а в знании географии нашей Родины, так же как зарубежных стран, он, вероятно, не уступал специалисту-географу.

А. Е. совершил очень много путешествий. Огромный охват пространств нашей Родины одним человеком объясняется исключительной подвижностью А. Е. Он был поистине „пожирателем пространств“. Не проходило года, когда бы А. Е. не проехал нескольких десятков тысяч километров. Уже тяжело больной, постоянно страдающий припадками болезни печени, А. Е. не мог себе отказать в поездке то в один, то в другой уголок Союза.

Хочется особо подчеркнуть его великую любовь к Родине и населяющим ее людям. Она сквозит в каждом его очерке и во всех его высказываниях. Александр Евгеньевич горячо любил бескрайние просторы нашей страны и ее народы. Как патриот он всегда подчеркивал удивительное разнообразие ее природы, указывал на богатства ее производительных сил, всемерно стремясь обратить эти мощные силы на службу Стране Советов. Он преклонялся перед силой советского народа, перед его одаренностью и жизненностью.

Все его географические очерки являются гимном трудового подвига, призывающим к овладению, творческому преобразованию природы на основе точного научного знания.

„Мы не хотим, — говорил он, — быть фотографами природы, земли и ее богатств. Мы хотим быть исследователями, творцами новых идей, завоевателями природы, борцами за ее подчинение человеку, его культуре и его хозяйству.

„Мы не хотим быть простыми точными наблюдателями, бесстрастными туристами, записывающими свои впечатления в записную книжку. Мы хотим глубоко переживать картины

природы, хотим, чтобы из глубокого вдумчивого исследования природы рождалась не только мысль, но и дело.

„Мы не можем просто гулять по раздолью нашей Родины. Мы должны быть участниками ее переустройства и творцами новой жизни“.[1]

А. Е. был бесконечно разносторонен. Всё влекло его крылатую мысль. Но всегда и всюду любимые его науки — минералогия и геохимия — были на первом месте. „Тот, кто не занимается сбором минералов и поисками полезных ископаемых, — говорил А. Е., — не знает, что такое полевая работа минералога. Это скорее игра, азарт; открыть новое месторождение — это дело удачи, тонкого понимания, часто какого-то подсознательного нюха, часто дело увлечения, граничащего с некоторой долей романтизма и страсти. С каким увлечением возвращающиеся с гор отряды делятся впечатлениями дня! Соревнуясь, они хвастают своими находками и гордятся достигнутыми результатами“.[2] Эту страсть, это увлечение Александр Евгеньевич умел разжечь в своих сотрудниках, которые радостно и бодро шли за ним на преодоление любых трудностей.

Как человек своего века, А. Е. всегда вносил в свою работу динамические представления, изучая процессы минералообразования, он прежде всего объяснял их с помощью энергетических понятий. Он всегда подчеркивал значение точных наблюдений, умение видеть и тонко подмечать и высоко ценил правильно собранные факты. Он призывал своих учеников к овладению многообразным миром химических элементов, строящих земную кору, на базе точного анализа фактов и смелого научного прогноза.

Без работы и без науки для А. Е. не было жизни. Кроме того, по свойству своей натуры он не выносил спокойствия

---

[1] А. Е. Ферсман. Мои путешествия. Изд. ЦК ВЛКСМ „Молодая гвардия“, 1949, стр. 6.

[2] А. Е. Ферсман. Три года за Полярным кругом. Изд. „Молодая гвардия“, 1924, стр. 15.

и оторванности от бурных темпов современной жизни. Если он загорался какой-либо идеей, никакие препятствия не могли помешать ее осуществлению. Чем труднее была задача, тем с бо́льшим жаром брался он за ее разрешение. Он много раз серьезно болел, но затем как бы забывал об этом. В последние годы А. Е. начал часто недомогать, а когда выздоравливал, становился еще более расточительным. Он горел в пламени науки.

Тяжелая болезнь заставила А. Е. уехать весной 1945 г. на юг, в Сочи, поближе к теплому яркому солнцу и морю, которое он так любил. 20 мая 1945 г. Александра Евгеньевича не стало. Он умер в расцвете творческих сил, полный жажды жизни и стремления к кипучей научной деятельности.

Из нашего краткого обзора видно, как последовательно, настойчиво и упорно на протяжении более чем сорокалетней научной деятельности развивались интересы и идеи А. Е. Это выдающийся человек современности, великий патриот своей Родины, образ сильной мысли, могучего таланта, самоотверженной преданности науке и плодотворного служения ей. Результаты его научных исканий колоссальны. Они дышат широтой и новизной мысли, теоретической целеустремленностью и практической направленностью, страстностью и увлечением. Они велики не только по своему непосредственному значению, но насыщены элементами будущего, они захватывают и зовут вперед, к новым трудам и достижениям.

А. Е. — это мыслитель и работник крупных проблем, широких планов и больших масштабов, это проницательный и неутомимый исследователь, ученый громадной эрудиции, безмерной работоспособности и упорного стремления со всегда четко поставленной и практически ясной целью; это живой, неиссякаемый родник захватывающих идей и мыслей, смелый и яркий новатор, страстный трибун-лектор и выдающийся воспитатель кадров; это непревзойденный популяри-

затор науки для молодежи и трудящихся масс, это исключительно щедрый и доступный для всех учитель, это видный общественный деятель.

„Безмерны и бессмертны, — сказал акад. Д. С. Белянкин, — заслуги Александра Евгеньевича перед наукой и Родиной. По широте научных своих интересов и по сочетанию с неустанными заботами о пользе и славе нашего отечества он вполне напоминает наших бессмертных Ломоносова и Менделеева. Недаром так священны были для него эти имена“.

Наша страна заслуженно может гордиться таким сыном. Его работы, его многогранная научная деятельность создали новую эпоху в русской минералогии, геохимии и в учении о полезных ископаемых.

Имя его широко известно не только в нашем Союзе, но и далеко за его пределами, в международных геологических кругах.

Академик *Д. И. Щербаков.*

ТРУДЫ А. Е. ФЕРСМАНА ПО КРИСТАЛЛОГРАФИИ

В блестящем очерке, посвященном памяти Е. С. Федорова, Александр Евгеньевич Ферсман подчеркнул черты, которые казались ему наиболее значительными в творчестве гениального русского кристаллографа. Уменье обобщать материалы эмпирических наблюдений, находить в самом простом разрешение сложного, улавливать сходство в разнообразных явлениях и устанавливать связь между научными дисциплинами, считавшимися до тех пор чуждыми, — вот то, что отметил А. Е. Ферсман.[1]

Несмотря на глубокое различие в творческих приемах величайшего кристаллографа-геометра Е. С. Федорова и замечательного минералога-геохимика А. Е. Ферсмана, черты, отмеченные выше, являются характерными и для самого Александра Евгеньевича. Будучи в первую очередь натуралистом, Ферсман умел мастерски широко обобщать явления природы, улавливать простое в сложном и связывать воедино достижения различных дисциплин.

Пытливо вникая в вопросы минералогенезиса, Александр Евгеньевич талантливо использовал в своих трудах новейшие достижения физики, химии, геологии. Изучая морфологические особенности минералов, привлекая кристаллохимию к разрешению сложнейших геохимических проблем, Ферсман

---

[1] А. Е. Ферсман. Памяти Евграфа Степановича Федорова. Природа, 1919, № 416, стлб. 235—244.

широко пользовался также и наукой о кристаллах — кристаллографией.

Кристаллографические труды Александра Евгеньевича, будучи построенными на минералогическом и геологическом материале, отличаются от работ других авторов своей ярко выраженной геохимической направленностью. Если в лице Е. С. Федорова мы имеем прежде всего гениального кристаллографа-геометра, а в лице Г. В. Вульфа — кристаллографа-физика, то А. Е. Ферсман является блестящим примером кристаллографа с минералогическим и геохимическим уклоном. Вместе с тем, открытые Александром Евгеньевичем закономерности и введенные им в науку новые понятия выходят за пределы собственно минералогии и геохимии и имеют самодовлеющее кристаллографическое значение.

Цель настоящего очерка — дать краткий обзор важнейших кристаллографических трудов А. Е. Ферсмана.

Александр Евгеньевич очень быстро нашел свой самостоятельный путь в науке. Казалось бы, в первой студенческой его статье „О кристаллической форме и некоторых физических свойствах 1-фенил-2-метил и 3-ментил-имидоксантида“ (1904)[1] еще нет ничего характерного для нашего ученого. Однако это неверно.

Помимо результатов гониометрического измерения, здесь приводится описание фигур травления, пироэлектрических свойств, поверхностей разлома и оптических особенностей. Так же, как и его учитель акад. В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман рассматривает кристалл „не как геометрическое тело, а как физический объект, тесно связанный в своем росте с окружающей его средой, непосредственно выражающий внутреннее строение вещества, строение его мельчайших частиц“.[2]

---

[1] А. Е. Ферсман. О кристаллической форме и некоторых физических свойствах 1-фенил-2-метил и 3-ментил-имидоксантида. Bull. Soc. nat. M., 1904, т. XVIII, стр. 375—380.

[2] Записка об ученых трудах профессора Московского университета

То же самое можно сказать и о второй студенческой статье Александра Евгеньевича „О кристаллической форме диметилового эфира парадитимолиламина" (1906).[1]

Далее следует серия минералогических работ, содержащих ряд интересных кристаллографических данных. Так, например, в „Материалах к исследованию цеолитов России" (1908)[2] Ферсман останавливается на причине неустойчивости кристаллографических констант цеолитов. По мнению ученого, указанная неустойчивость связана с вицинальными образованиями, в которых „находят себе внешнее выражение внутренние деформации кристаллической структуры, свойственные некоторым видам твердых растворов".

В статье „О кварце из гранитпорфира острова Эльбы" (1909)[3] описывается, как на основании исследования плоскостей разломов по $\{10\bar{1}0\}$ и $\{10\bar{1}1\}$ на кристаллах кварца установлена связь между такими разломами и направлением поверхностного остывания гранитпорфировой магмы. Позднее, в 1913 г., возвращаясь к этой же теме, Александр Евгеньевич указывает, что причиной упомянутых разломов, повидимому, являются процессы молекулярных перегруппировок при переходе высокотемпературного гексагонального кварца в низкотемпературную тригональную модификацию.[4]

Г. В. Вульфа. [Подписано: А. П. Карпинский, В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, А. Ф. Иоффе]. Изв. Российск. Акад. Наук, 6-я серия, 1921, т. XV, № 1—18, стр. 45—47.

[1] А. Е. Ферсман. О кристаллической форме диметилового эфира парадитимолиламина. Bull. Soc. nat. M., 1906, т. XX, стр. 133—138.

[2] А. Е. Ферсман. Материалы к исследованию цеолитов России. I. Леонгардит и ломонтит из окрестностей Симферополя. Тр. Геол. муз. АН, 1908, т. II, вып. 6, стр. 103—155.

[3] А. Е. Ферсман. О кварце из гранитпорфира о. Эльбы. Bull. Soc. nat. M., 1909, т. XXIII, стр. 94—139.

[4] А. Е. Ферсман. К вопросу о природе кварцев из гранитпорфиров. Изв. АН, 6-я серия, 1913, т. VII, № 17, стр. 1001—1006.

Здесь ученый останавливается на вопросе о роли кварца в качестве „геологического термометра". Впоследствии этот вопрос был им особенно подробно рассмотрен в связи с выяснением температурных условий образования пегматитов.

В статье „Флогопит и альбит из ледниковых валунов Московской губернии"[1] Александр Евгеньевич устанавливает новый для слюд двойниковый закон, соответствующий пенниновому закону на кристаллах хлорита. В целой серии других работ этого периода Ферсман приводит результаты кристаллографического изучения некоторых интересных или редких минералов — иксионолита, дискразита, цеолитов, диопсида и др. Несколько особняком стоит небольшая заметка, посвященная кристаллической форме искусственного соединения — платино-семи-пиридинамин-хлоросульфоновой кислоты (1913).[2]

Углубленное изучение кристаллов алмаза и работа над знаменитой монографией „Алмаз", публикуемой в настоящем издании (стр. 27), положили начало новому направлению в минералогической кристаллографии.

Справедливо считая, что форма и поверхность кристаллических многогранников являются как бы экраном, отразившим особенности их происхождения, Ферсман обратил особое внимание на тончайшее изучение морфологии кристаллов с целью получения генетических данных. При таком изучении необходимо учитывать помимо внутреннего строения кристаллического вещества влияние внешней среды, окружавшей кристаллы во время их возникновения и роста.

В этом отношении направление генетической морфологии кристаллов, развивавшееся нашим ученым, коренным обра-

---

[1] А. Е. Ферсман. Минералогические заметки. 2. Флогопит и альбит из ледниковых валунов Московской губернии. Изв. АН, 6-я серия, 1910, т. IV, № 10, стр. 737—750.

[2] А. Е. Ферсман. О кристаллической форме платино-семи-пиридинамин-хлоросульфоновой кислоты. Изв. АН, 6-я серия, 1913, т. VII, № 5, стр. 263—266.

зом отличается от старой минералогической кристаллографии, рассматривавшей кристаллические формы в отрыве от породившей их среды.

Лучшее понятие о главных особенностях этого направления дает сам Ферсман в докладе „О характере природных плоскостей кристаллов“, с которым он выступил на 12-м съезде естествоиспытателей и врачей в 1910 г. Приведем целиком текст протокольной записи этого программного доклада.

„В истории кристаллографии можно наметить три основных пути для изучения кристалла как физического тела; первый путь изучает его внутреннюю структуру в связи с комплексом плоскостей и их ретикулярной плотностью; второй стремится к изучению явлений роста по нормалям к граням; третий должен вести к познанию морфологических элементов кристалла. Классификация элементов ограничения должна быть по существу генетической и связывать эти элементы с теми или иными процессами в окружающей среде. С этой точки зрения намечается около 20 различных типов морфологических элементов, характеризующихся не только той или иной геометрической формой, но и определенным характером рефлекса в гониометре. Детальное изучение этих типов дает возможность по морфологическим элементам делать обратные выводы о характере генезиса и окружающей среды при процессах роста или растворения кристалла. Таким образом, вся работа по морфологии кристалла должна быть направлена к определению тех критериев, которые позволили бы различать эти отдельные типы. В частности, наиболее резким является различие между поверхностями положительного или отрицательного характера, т. е. образующимися приближением или удалением от центра по нормали. Зависимость между поверхностями этих двух типов настолько тесная, что по характеру комплекса каждого минерального вида можно с большей или меньшей очевидностью предсказать и характер (положение и форму)

элементов ограничения отрицательного характера, т. е. характер плоскостей вытравления и многогранников растворения и химических реакций. Элементы отрицательного характера всегда занимают место полей с наименьшей ретикулярной плотностью и с наибольшими индексами.

„Все положения докладчика были иллюстрированы на частном примере кристаллизации алмаза и сопровождались демонстрацией диапозитивов“.[1]

Осуществление программных тезисов, упомянутых в вышеприведенной цитате, мы и находим в монографии „Алмаз“. Эта книга сразу же получила мировое признание и принесла широкую известность новому направлению минералогической кристаллографии. Примечания к знаменитой монографии читатель найдет на стр. 547 данного издания.

Начиная с 1907 г., Ферсман интенсивно занимается проблемой пегматитов, уделяя большое внимание кристаллографии связанных с ними минералов. Вспоминая о поездке Александра Евгеньевича в 1912 г. на Урал, его спутник и сотрудник В. И. Крыжановский пишет: „На голубых отвалах из амазонского камня А. Е. просиживал многие часы ... Именно здесь, во время наших работ на амазонитовых пегматитах, родилось слово «рыбы» («ихтиоглипты») для определения формы кварцевых кристаллов, выделяемых из тела пегматитов. Именно здесь, на Косой Горе, родились у А. Е. первые мысли о закономерностях в срастании кварца и полевого шпата“.[2]

Изучение упомянутых срастаний и выявление для них определенных кристаллографических закономерностей получили свое оформление в известной статье „Письменная струк-

---

[1] А. Е. Ферсман. О характере природных плоскостей кристаллов. Дневник 12-го съезда русских естествоиспытателей и врачей, 1910, № 10, стр. 486 (протоколы).

[2] В. И. Крыжановский. Поездки А. Е. Ферсмана на уральские пегматиты. Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. геологии, 1946, т. XXI, стр. 111—115.

тура пегматитов и причины ее возникновения“ (1915).[1] Причины возникновения письменных структур Ферсман видит в одновременной кристаллизации кварца и полевого шпата, заставляющей „кристаллические решетки обоих тел взаимно приспособляться, располагая некоторые свои элементы (ряды или плоские сетки) по возможности параллельно“. Помимо закономерной ориентировки кристаллов, такое взаимное приспособление приводит к ряду своеобразных явлений на границе раздела двух твердых тел. Эти явления Александр Евгеньевич назвал „кристаллографической индукцией“. Обычно роль обоих одновременно растущих минералов неодинакова: один из них является индуктирующим, второй — индуктируемым. Формы кристаллизации кварца в полевом шпате можно рассматривать как формы разграничения двух твердых фаз. Эти формы „могут быть сравниваемы с кристаллическими многогранниками как формами равновесия изотропной и векториальной фазы или пленками и каплями жидкости как формами разграничения двух или трех изотропных средин“.

Изучая ориентировку кварца в письменных структурах, Ферсман приходит к выводу, что обычная параллельность кварцевых индивидов вызывается силами роста полевого шпата. Иными словами, полевой шпат является индуктором, а кварц — индуктируемым веществом. Общий закон срастания обоих минералов определяется „параллельностью призматического ребра полевого шпата и ребра между двумя соседними гранями ромбоэдров кварца“. Закон этот Александр Евгеньевич назвал „трапецоэдрическим“. В настоящее время в литературе он носит имя „закона Ферсмана“.

Впоследствии некоторые зарубежные исследователи (Э. Уолстром и другие) пытались отрицать наличие каких-либо

---

[1] А. Е. Ферсман. Письменная структура пегматитов и причины ее возникновения. Изв. АН, 6-я серия, 1915, т. IX, № 12, стр. 1211—1228.

закономерностей в кварцево-полевошпатовых срастаниях. Однако новейшие исследования, подкрепленные данными структурной кристаллографии, подтверждают правильность позиции Ферсмана.[1]

Не ограничиваясь законами срастания, Александр Евгеньевич подверг детальному анализу форму самих кварцевых индивидов. Он обратил особое внимание на то, что форма роста кварца вне полевого шпата не имеет ничего общего со строением кварца внутреннего. Части кварца, выступающие над поверхностью полевого шпата и обладающие обычными гранями, Ферсман назвал „головками“. Кварц внутри полевого шпата образует вытянутые веретенообразные тела, покрытые мелкой штриховкой. Такие тела ученый назвал „ихтиоглиптами“. Ихтиоглипты в определенных частях полевошпатовых кристаллов расположены параллельными группами — „стаями“. Каждая „стая“ в общем вытянута перпендикулярно одной из важнейших граней полевого шпата, являющихся, по Ферсману, „гранями индукции“. Поверхности ограничения ихтиоглиптов Александр Евгеньевич называет „псевдогранями“, а мелкие штрихи на них — „индукционной штриховкой“. Рост кварцевых ихтиоглиптов происходил одновременно с ростом полевого шпата. Индукционная штриховка на них является „совокупностью перемещенных параллельно самим себе ребер между возможной гранью индуктируемого тела (кварца) и между растущей в данном направлении гранью индуктора (полевого шпата)“.

Для изучения форм ихтиоглиптов Ферсман сконструировал остроумный специальный прибор — „ихтиометр“.

В 1914 г. ученый выступил в Минералогическом обществе с докладом о результатах своих исследований. „Присутство-

---

[1] См.: Д. П. Григорьев и И. И. Шафрановский. Эпитаксическое нарастание кварца на полевой шпат. Зап. Минер. общ., 1946, ч. 75, № 4, стр. 265—272.

вавший на докладе маститый профессор Горного института Е. С. Федоров с присущей ему страстностью, которую он всегда проявлял в научных вопросах, подверг А. Е. самому строгому экзамену по всем деталям доклада, но А. Е. блестяще выдержал испытание", — вспоминает об этом выступлении Ферсмана В. И. Крыжановский.[1] Найденные Александром Евгеньевичем результаты впоследствии вошли составной частью в его известную монографию „Пегматиты" (в конце указанной книги приложена специальная статья „Письменная структура гранитных пегматитов", представляющая позднейшую редакцию рассмотренной выше работы).

В 1922 г. Ферсман снова возвращается к вопросу о явлениях кристаллографической индукции в статье „Элементы разграничения двух одновременно кристаллизующихся веществ".[2] Здесь сформулирована в общей форме следующая законность: „Разграничение двух одновременно кристаллизующихся веществ определяется цилиндрически искривленной поверхностью, образуемой ритмическим перемещением ребра между двумя возможными в месте соприкосновения гранями того и другого вещества".

Затронутая Александром Евгеньевичем проблема представляет большой интерес, так как всесторонне или хотя бы отчасти ограненные кристаллы встречаются гораздо реже, чем аггрегаты из кристаллических зерен, поверхности которых определяются не свободным ростом кристаллов, а взаимным соприкосновением кристаллических индивидов. Достаточно здесь напомнить сложение кристаллических горных пород, строение металлов и проч. Несмотря на это, детальному изучению поверхностей соприкосновения кристаллов

---

[1] В. И. Крыжановский. Поездки А. Е. Ферсмана на уральские пегматиты. Бюлл. Моск. общ. испыт. прир., отд. геологии, 1946, т. XXI, стр. 111—115.

[2] А. Е. Ферсман. Элементы разграничения двух одновременно кристаллизующихся веществ. Докл. Российск. Акад. Наук, 1922, январь—декабрь, стр. 7—8.

до сих пор почти не уделялось внимания.[1] Поэтому настоятельно требуется развить важное начинание Ферсмана.

Многолетние работы Александра Евгеньевича по исследованию пегматитов, нашедшие свое завершение в его знаменитой монографии (1931), не могли не коснуться ряда кристаллографических проблем. Так, например, для температурной градуировки пегматитового процесса Ферсман базируется на точке перехода гексагональной модификации кварца в тригональную. Здесь, между прочим, учитываются и те характерные разломы кварца, которые были описаны ученым в его ранних работах. Вопросы красталлизации пегматитов естественно соприкасаются с рядом чисто кристаллографических задач.

При описании морфологических и генетических черт гранитных пегматитов ученый приводит богатейший, собранный им самим, материал по абсолютной величине кристаллов и их скоплений в пегматитах. Александр Евгеньевич опубликовал ранее ряд любопытных сообщений в известном научно-популярном журнале „Природа" („Величина природных кристаллов", „Кристаллы-гиганты и монолиты-гиганты").[2] Здесь описываются такие великаны из мира кристаллов, как сподумен длиной в 12 м, полевой шпат, достигающий 10 м по плоскости спайности, бериллы длиной свыше метра, кристаллы кварца свыше человеческого роста, знаменитый топаз в 2 пуда и т. д. Эти данные нашли себе место и на страницах монографии „Пегматиты".[3] В специальной главе „Минералы гранитных пегматитовых жил" мы находим ряд пунктов, представляющих большой интерес с кристаллографической точки зрения. Здесь рассмотрены такие проблемы,

---

[1] См.: И. И. Шафрановский и Д. П. Григорьев. О поверхностях соприкосновения кристаллических индивидов. Зап. Минер. общ., 1948, ч. 77, № 3, стр. 185—193.

[2] Природа, 1925, № 10/12, стлб. 103; 1926, № 3/4, стлб. 86—88.

[3] А. Е. Ферсман. Пегматиты, их научное и практическое значение. Т. I. Гранитные пегматиты. 1931, 646 стр.

как последовательное изменение облика кристаллов, изменение симметрии кристаллических структур (общее постепенное понижение симметрии, смена четной симметрии нечетной, постепенное усиление тригональных осей), последовательность кристаллизации типоморфных минералов и т. п. Детально освещены и такие частные вопросы, как формы растворения кварца, топаза, берилла и т. п.

Одним словом, монография о пегматитах содержит богатейшие данные по минералогической кристаллографии.

Годы открытия, исследования и освоения Хибин, справедливо именуемые „героическим периодом" в жизни и творчестве Ферсмана, дали нашему ученому совершенно новый минералогический и геохимический материал. К последнему Александр Евгеньевич также подходит зачастую как кристаллограф. Им описаны многочисленные разнообразные закономерные срастания минералов Хибинских и Ловозерских тундр, характерные „корониты", связанные с образованием кристаллических оторочек (корон) под влиянием взаимодействия двух соседних минеральных тел или воздействия магмы, кристаллиты магматического карбоната кальция и т. п.[1]

Во всех вышеупомянутых исследованиях Ферсман выступает как крупный кристаллограф-минералог, выдвинувший целый ряд интереснейших проблем из области кристаллогенезиса минералов.

Последний период творческой деятельности Александра Евгеньевича неразрывно связан с интенсивной работой над созданием новой науки — геохимии, основателем которой, наряду с акад. В. И. Вернадским, являлся сам Ферсман.

Предмет этой науки — история атомов, входящих в состав земного шара. Геохимия изучает их распределение на Земле,

[1] А. Е. Ферсман. Закономерные срастания минералов в Хибинских и Ловозерских тундрах. Изв. Российск. Акад. Наук, 6-я серия, 1923, т. XVII, № 1—18, стр. 275—290. — А. Е. Ферсман. Кристаллиты магматического карбоната кальция из Хибинских тундр. Изв. Российск. Акад. Наук, 6-я серия, 1923, т. XVII, № 1—18, стр. 251—275.

их перемещение в глубинных недрах, их поведение при различных природных условиях. Само собой разумеется, что непосредственно изучать можно лишь атомы, находящиеся неподалеку от поверхности Земли, т. е. в земной коре.

Горные породы, слагающие земную кору, в подавляющем большинстве случаев состоят из кристаллических зерен. Внутреннее строение этих зерен играет колоссальную роль в деле распределения атомов. Согласно образному сравнению В. М. Гольдшмидта, кристаллические структуры ведут себя во время образования горных пород наподобие рыболовных сетей. Двигающиеся вокруг этих структур в расплавах, растворах или газовых выделениях атомы, в зависимости от своей величины, либо захватываются петлями решеток, либо свободно пропускаются ими. Итак, здесь мы прежде всего встречаемся со структурами кристаллов, понять поведение которых, не принимая во внимание их геометрических и химических особенностей, невозможно. Геохимия без кристаллохимии, а следовательно и без кристаллографии, немыслима. В кристаллохимии огромное значение имеют размеры атомов, определяющиеся в первом приближении радиусами атомных и ионных сфер. Ясно, что поведение атомов в кристаллических структурах, а следовательно в минералах и горных породах, зависит от этих размеров. Вот почему в первой книге своей монументальной четырехтомной „Геохимии“ Ферсман уделяет особенно много внимания атомным и ионным сферам. Он не ограничивается достижениями новейшей кристаллохимии, но смело приходит к своим собственным выводам и широчайшим обобщениям. Ряд новых кристаллохимических закономерностей, принадлежащих самому Ферсману, находим мы в главе об изоморфизме. Здесь многочисленные случаи изоморфизма атомов и ионов классифицированы на основе их расположения в Менделеевской таблице. В результате Александр Евгеньевич выделяет „звезды изоморфизма“— схемы, определяющие изоморфную замещаемость атомов и ионов.

Впоследствии ученый сформулировал правила полярного (направленного) изоморфизма с точки зрения новейших энергетических представлений. Эти правила основываются на следующем законе: при направленном изоморфизме структуры с ионами более низкой валентности принимают преимущественно ионы более высокой валентности.

При дальнейшей разработке геохимических проблем Ферсман, придавая особое значение электрическим зарядам ионов и их валентности, заменил ионные сферы энергетическими константами.

Александр Евгеньевич совершенно справедливо замечает, что шаровые представления об атомах и ионах — это только первое представление — „модель геометрического характера“. На самом деле мы имеем не шары, а сложные электромагнитные клубки. Их энергетическое изучение позволит открыть новые широкие перспективы для геохимических исследований. Вот что пишет по этому поводу сам Ферсман: „Я хочу получить в руки не только линейку, измеряющую ангстремы радиусов частиц и строящую из них замечательное здание современной структурной кристаллохимии, не только термометр, который мерит тепловые эффекты, как наиболее уловимое, но далеко не полное выражение природного процесса, но и вольтметр, правда, пока еще с очень грубой шкалой, но всё же электрический счетчик, который, хотя бы в условных единицах, измерял электрические поля и определял путь и результаты притяжения и отталкивания, сочетания и разъединения, наложения и дифференциации электромагнитных клубков природы“.[1]

Исходя из таких взглядов, Ферсман построил свою геоэнергетическую теорию. Согласно основному положению этой теории, последовательность кристаллизации из диссоциированных дисперсных систем следует порядку понижения энтропии по убывающим уровням. За меру роста энтропии

[1] А. Е. Ферсман. Геоэнергетические проблемы. Очерк I. Энергия иона. Природа, 1935, № 9, стлб. 17—28.

(уменьшения свободной энергии системы) Александр Евгеньевич в первом приближении принял энергию кристаллической структуры образующихся минералов. Вследствие того, что существовавшие методы вычисления энергии кристаллических структур либо относятся лишь к бинарным соединениям (Борн, Капустинский), либо слишком громоздки (цикл Борна—Габера), Александр Евгеньевич предложил свой приближенный способ вычисления энергии. Для этого им введено понятие „эк" (энергетический коэффициент). Эк — это тот пай (доля) энергии, который вносится каждым отдельным ионом в кристаллическую структуру при ее образовании.

Энергия кристаллической структуры любого соединения легко находится с помощью суммирования эков для ионов, слагающих структуру. Помимо эков, Ферсман ввел энергетические константы, названные им „вэками". Вэк отвечает энергии единицы валентности каждого иона (он получается путем деления эка на валентность). С помощью введенных Александром Евгеньевичем энергетических констант легко вычислять приблизительные значения энергии структур различных соединений и использовать их при анализе геохимических процессов.

Основы геоэнергетической теории Ферсмана и сделанные им выводы составляют содержание обширного третьего тома „Геохимии" (1937).

Следует иметь в виду, что физика до сих пор еще не дала точного решения задач, поставленных Ферсманом. В связи с этим точность величин, вычисленных по предложенному им методу, является лишь весьма приближенной. Однако сама попытка вычислять энергию сложных кристаллических структур и положить ее в основу истолкования геохимических процессов поражает своей исключительной смелостью и безусловно займет видное место как в истории кристаллохимии, так и геохимии.

Меткая характеристика этих работ Ферсмана дана в следующих словах акад. С. С. Смирнова: „А. Е. строил, и строил

быстро, большое здание, и, конечно, далеко не всё в нем было отделано с достаточной полнотой и совершенством. Работы А. Е. открывают перед нами замечательный мир новых идей. Среди них мне в особенности хочется подчеркнуть крайне смелую попытку А. Е. истолковать многие важнейшие эмпирические закономерности образования минеральных месторождений, исходя из энергии кристаллических решеток. Здесь уже, в буквальном смысле слова, мы заглядываем в завтрашний день нашей науки ...".[1]

Этой характеристикой последних геохимических, а одновременно и кристаллохимических работ Ферсмана мы и закончим обзор его кристаллографических трудов.

В заключение, резюмируя всё сказанное, подчеркнем еще раз, что в лице Ферсмана мы видим не только замечательного геохимика и минералога, но и крупного кристаллографа с минералогическим уклоном, оставившего яркий след в науке о кристаллах. Перечитывая кристаллографические труды покойного ученого, невольно вспоминаешь глубоко знаменательные слова его учителя акад. В. И. Вернадского: „Кристаллография не отделилась от минералогии, но охватила ее поновому, проникая в самые основные построения, коренным образом ее изменила... Оказалось, что дело шло не об освобождении минералогии от не принадлежавшей ей области физических наук, а о новой форме связи кристаллографии с минералогией, коренном изменении этой последней".[2] К этой новой минералогии, теснейшим образом связанной с кристаллографией, и принадлежат рассмотренные нами труды А. Е. Ферсмана.

Профессор *И. И. Шафрановский.*

---

[1] С. С. Смирнов. Памяти А. Е. Ферсмана. Зап. Минер. общ., 1945, ч. 74, № 2, стр. 73—74.

[2] В. И. Вернадский. Задачи минералогии в нашей стране. Природа, 1928, № 1, стлб. 21—40.

КОММЕНТАРИИ

Алмаз, его кристаллизация и происхождение

Опубликовано в журнале „Природа“, 1912, № 5, стлб. 623—640.

1 (стр. 10). XIX в.

2 (стр. 12). См. стр. 27 настоящего издания.

Алмаз

Издано отдельной книгой на немецком языке в Гейдельберге в 1911 г. под названием: A. Fersmann und V. Goldschmidt. Der Diamant. Mit einem Atlas von 43 Tafeln. На русском языке публикуется впервые (с незначительными сокращениями). Перевод с немецкого выполнен А. В. Немиловой и Е. К. Шафрановской.

В книге „Алмаз“ В. Гольдшмидту принадлежат также две дополнительные статьи: 1) „Über Ätzfiguren, deren Entstehung und Eigenart“ („О фигурах травления, их образовании и свойствах“) и 2) „Zur Mechanik des Lösungsprozesses“ („К механике процесса растворения“). Обе эти статьи в настоящем издании опущены.

1 (стр. 30). Точнее: карбонадо.

2 (стр. 37). Здесь и далее автор ссылается на таблицы и фигуры Атласа (см. стр. 329—415 данной книги).

3 (стр. 37). В теоретических рассуждениях книги „Алмаз“ нашло свое отражение учение Гольдшмидта о растворении кристаллов. В связи с этим особенности кристаллических поверхностей объясняются с помощью гипотетических потоков или струек, закономерно обтекающих различные грани кристаллов. В настоящее время такие взгляды являются устаревшими. Сейчас особенности граней различных форм алмаза объясняются в первую очередь их атомным строением, а также физико-химическим воздействием окружающей среды.

В. Гольдшмидт и А. Е. Ферсман являются основоположниками теории образования округлых алмазов путем растворения.

В книге резко противопоставляются плоскогранные и пряморебберные алмазы — формы роста — кривогранным, округлым образованиям, относимым к телам растворения. Характерные формы округлых алмазов авторы связывают с потоками маточного расплава, омывающего растворяющийся кристалл. Появление округлого додекаэдроида (кажущегося пирамидального куба, близкого к ромбододекаэдру), по их мнению, обусловливается потоками, направленными от вершин, совпадающих с выходами четверных осей симметрии, к серединам граней ромбододекаэдра. Месту столкновения двух таких потоков, идущих навстречу друг другу, соответствует ребро, разделяющее ромбододекаэдрическую грань на две половины. Такое толкование нельзя не признать искусственным. Позднейшие авторы отказались от этого взгляда и пытались объяснить форму додекаэдроида структурой алмаза и обычным при растворении кристалла сглаживанием ребер. Сам А. Е. Ферсман впоследствии сформулировал несколько иначе свои взгляды на генезис плоскогранных и округлых алмазов: „Резкие прямолинейные формы ограничения характерны для явлений роста при быстрой кристаллизации в основных породах. Округлые формы указывают на более сложный генезис, в связи с медленным охлаждением магмы“ (А. Е. Ферсман. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. Изд. АН СССР, 1939, стр. 101).

После появления книги „Алмаз“ мнения исследователей разделились. Одни стали относить округлые алмазы к формам роста (Ван-дер-Веен, Сэттон, Вилльямс, Аншелес), другие считают их, в согласии с А. Е. Ферсманом и В. Гольдшмидтом, телами частичного растворения.

Остановимся вкратце на новых данных по кристаллографии округлых алмазов, во многом подтверждающих взгляды, изложенные в монографии. Согласно исследованиям И. И. Шафрановского, типичные округлые алмазы „бразильского типа“ — так называемые „додекаэдроиды“ — представляют кривогранные ромбододекаэдры с гранями, преломленными вдоль коротких диагоналей ромбов (рис. 1).

В результате гониометрического исследования таких алмазов было установлено наличие для каждой хорошо образованной округлой ромбододекаэдрической грани множества световых рефлексов, сгруппированных в виде двух равнобедренных треугольников (на рис. 1 $A'B'C'$ и $A''B''C''$) с основаниями (AB), параллельными коротким диагоналям ромбов, и с вершинами (C' и C''), всегда обращенными в противоположные стороны.

Гониометрическое изучение округлых алмазов осуществляется путем измерения на двукружном гониометре сферических координат (φ, ρ) для вершин A, B, C упомянутых световых треугольников. Исходя из таких

координат, легко найти угловые величины, характеризующие кривизну ромбических граней. Сюда относятся: основание светового треугольника *AB*, дающее понятие о кривизне ромбической грани вдоль короткой диагонали; высота треугольника *CD*, соответствующая кривизне преломленной половины ромбической грани вдоль ее длинной диагонали; расстояние между основаниями D' и D'' двух соседних треугольников, характеризующее взаимный наклон между двумя половинами одной ромбической грани, и расстояние между вершинами C' и C'' двух треугольников,

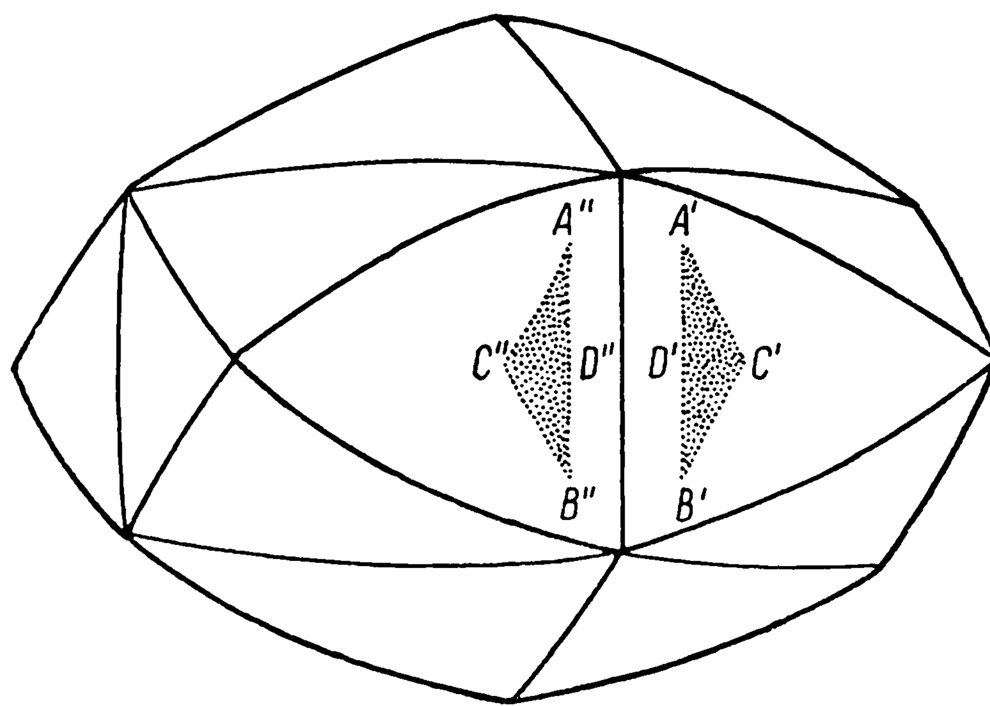


Рис. 1.

дающее приближенное представление об общей кривизне ромбической грани вдоль ее длинной диагонали.

Исследование достаточно большого количества кристаллов показало, что характерные угловые величины додекаэдроидов колеблются в следующих пределах:

φ_{AB}: 35—43°; ρ_{AB}: 60—80°; φ_C: 15—30°;

AB: 20—60°; *CD*: 5—30°; *D'D''*: 5—20°; *C'C''*: 35—45°.

Величины ρ_C и $D_I'D_{II}'$ обычно приближаются к 90°.

Указанные колебания углов чрезвычайно затрудняют сравнение между собой алмазов как из одного месторождения, так и из различных пунктов. Поэтому приходится брать средние значения отмеченных величин сперва для отдельных кристаллов, а затем и для всех алмазов, относящихся к определенной местности. Найденные таким образом средние величины дают суммарную геометрическую характеристику для алмазов из различных пунктов.

Гониометрическое исследование додекаэдроидов показало, что, несмотря на колебания угловых величин, все алмазы этого типа, незави-

симо от их месторождения, обладают в среднем тождественной геометрией. Измерение бразильских и южноафриканских округлых алмазов привело к очень близким величинам.

Приведем средние величины характерных углов для додекаэдроидов из одного месторождения:

$$\varphi_{AB}=38\frac{1}{2}^{\circ}; \qquad AB=37^{\circ};$$

$$\rho_{AB}=71\frac{1}{2}^{\circ}; \qquad CD=13\frac{1}{2}^{\circ};$$

$$\varphi_{C}=25\frac{1}{4}^{\circ}; \qquad D'D''=12\frac{1}{2}^{\circ};$$

$$\rho_{C}=90^{\circ}; \qquad C'C''=39\frac{1}{2}^{\circ}.$$

Вершины A и B световых треугольников чаще всего близки к сорокавосьмигранникам {452}, {563}, {793}. Вершины C этих треугольников обычно совпадают с тетрагексаэдром {120}.

Подчеркиваем, что важнейшие грани алмаза {111}, {110}, {100} здесь всегда отсутствуют и, следовательно, не дают световых сигналов.

На основании приведенных данных развитие граней округлого алмаза представляется как результат притупления ребер между важнейшими гранями и появления на притупленных участках второстепенных форм, плоскости которых ближе всего подходят к поверхностям притуплений. Несмотря на это, общий облик таких кристаллов явно обусловлен важнейшими формами {110} и {111}, погребенными под второстепенными гексоктаэдрами и тетрагексаэдрами. Описанная схема развития форм на округлых алмазах, очевидно, соответствует частичному растворению, что совпадает с высказываниями А. Е. Ферсмана и В. Гольдшмидта.

В самом деле, вследствие более быстрого растворения вершин и ребер, важнейшие грани начинают как бы округляться возле своих границ и в конце концов вовсе исчезают под покрывающими их гранями, влияя лишь на общий облик тел растворения.

Появление плоскостей, притупляющих ребра и вершины растворяющегося алмаза, доказано опытами, проведенными Д. П. Григорьевым и И. И. Шафрановским (Д. П. Григорьев и И. И. Шафрановский, Зап. Минер. общ., 1942, ч. 71, № 1—2).

При растворении алмазного октаэдра в расплаве $NaNO_3$ ребра его начинают притупляться гранями {332}, а вершины — плоскостями {112}. Октаэдрические грани в конце концов совершенно исчезают под гранями {332}.

Постоянство геометрических характеристик округлых алмазов, независимо от месторождений, а также более или менее одинаковая кривизна граней вдоль их коротких и длинных диагоналей (углы AB и $C'C''$ близки) говорят об их принадлежности к стабильным, очевидно, конечным формам растворения. Несмотря на всё вышесказанное, некоторые морфологические детали, отмеченные А. Вилльямсом и Дж. Сэттоном, сторонниками отнесения округлых алмазов к формам роста, несомненно указывают на наличие явлений роста (сюда относятся резкая гравировка поверхности, штрихи, вицинальные образования). Указанные противоречия, очевидно, лучше всего объясняются следующей, упоминавшейся уже фразой А. Е. Ферсмана: „Округлые формы указывают на более сложный генезис, в связи с медленным охлаждением магмы". Очевидно, что при таком процессе явления растворения могли периодически сменяться кратковременной регенерацией.

В пользу теории растворения говорит также то, что кристаллы алюмокалиевых квасцов, растворяясь, образуют округлые тела, очень близкие к алмазным округлым кристаллам. Световые картины, наблюдающиеся для таких тел на гониометре, очень похожи на соответственные картины для алмазов. Типичные додекаэдроиды, тождественные с алмазными, были описаны и для искусственной шпинели, растворявшейся в $KHSO_4$ (F. Rinne. Morphologische und physikalisch-chemische Untersuchungen an syntetischen Spinellen. Neues Jahrb. f. Miner., Geol. u. Pal. Beil. Bd. 58, Abt. A, 1928; см. также: И. И. Шафрановский и В. А. Мокиевский. Додекаэдроиды и октаэдроиды на кристаллах. Минер. сб. Львовск. геол. общ., 1952, № 6, стр. 35).

Большой интерес представляют новые данные А. А. Кухаренко.

Подтвердив в общем выводы И. И. Шафрановского относительно геометрии додекаэдроидов, А. А. Кухаренко выделил второй значительно более редкий тип округлых алмазов, ближе стоящий к октаэдрам, чем к ромбододекаэдрам. „Додекаэдрическим типом не исчерпывается всё многообразие форм округлых алмазов. Оказалось, что существует другая категория округлых алмазов, обладающих общностью внешних морфологических черт и однотипной угловой характеристикой. Если прообразом округлых алмазов додекаэдрического типа является ромбододекаэдр, а ближайшим плоскогранным аналогом — тетрагексаэдр, то округлые многогранники этого второго типа алмазов обнаруживают большое внешнее сходство с кристаллами октаэдрического габитуса, и ближайшим аналогом их является плоскогранный гексоктаэдр" (А. А. Кухаренко. О двух типах округлых кристаллов алмаза. Докл. АН СССР, т. 50, стр. 437). Кристаллы первого типа А. А. Кухаренко назвал „додекаэдроидами", кристаллы второго типа — „октаэдроидами" (рис. 2).

Не ограничиваясь описанием этих двух типов, Кухаренко нашел для них точные геометрические характеристики (следуя вышеприведенной схеме).

Уточненная средняя геометрическая характеристика додекаэдроидов, по А. А. Кухаренко, такова:

$$\varphi_{AB} = 38°09'; \qquad AB = 36°07';$$
$$\rho_{AB} = 72°26'; \qquad CD = 13°15';$$
$$\varphi_{C} = 25°26'; \qquad D'D'' = 13°15';$$
$$\varphi_{D} = 37°57'; \qquad C'C'' = 39°27'.$$

Здесь A, B — {452}, C — {120}, D — {790}.

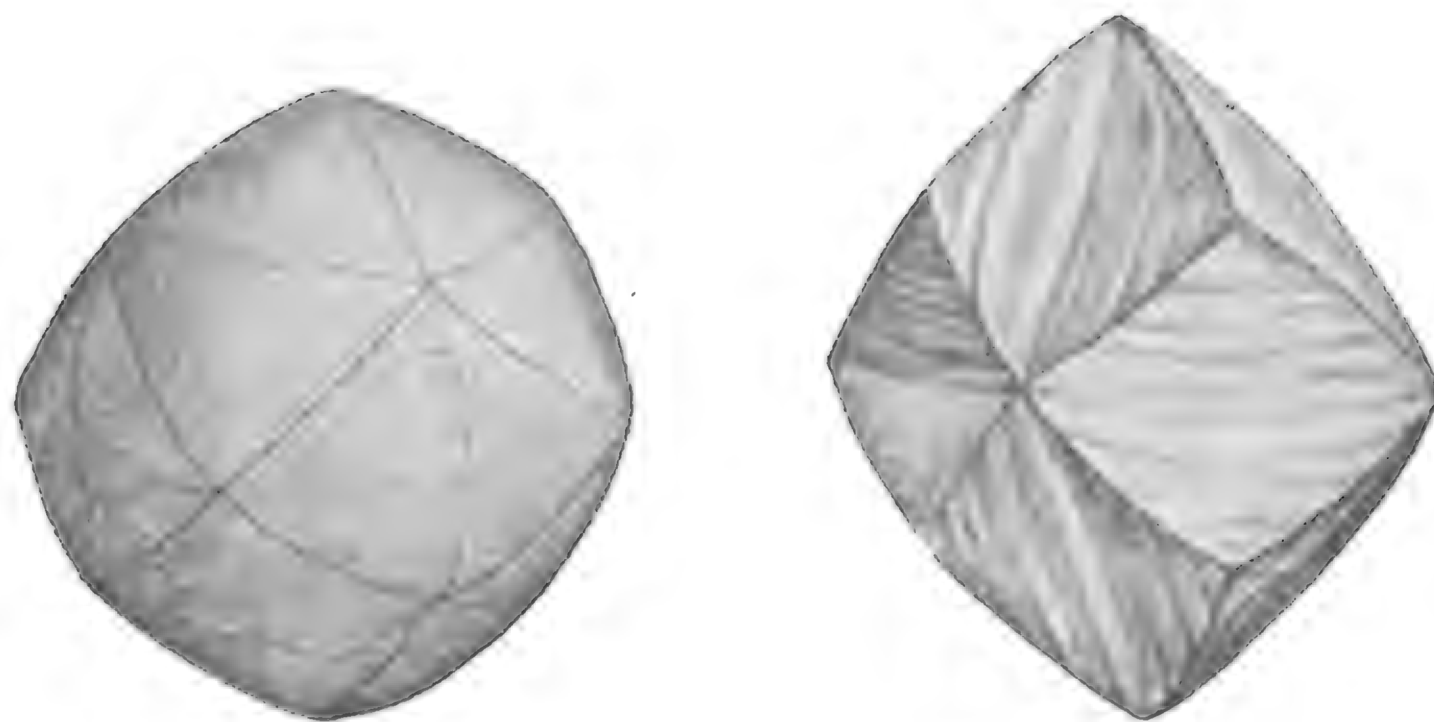


Рис. 2.

Средняя характеристика октаэдроидов, по А. А. Кухаренко, нижеследующая:

$$\varphi_{AB} = 42°; \qquad AB = 62°;$$
$$\rho_{AB} = 59°; \qquad CD = 21°;$$
$$\varphi_{C} = 20°; \qquad D'D'' = 8°;$$
$$\varphi_{D} = 41°; \qquad C'C'' = 49°.$$

A, B — {897}, C — {380}, D — {780}.

По мнению А. А. Кухаренко, „кажется несомненным, что в случае двух различных описанных выше типов округлых кристаллов алмаза мы встречаемся с явлениями типоморфии“ (там же, стр. 440). Основываясь на ряде данных (большая величина „октаэдроидов“ по сравнению с „додекаэдроидами“, сложность индексов, наличие поверхностей „октаэдроида“ в переходных комбинациях от октаэдра к округлым образованиям), мы

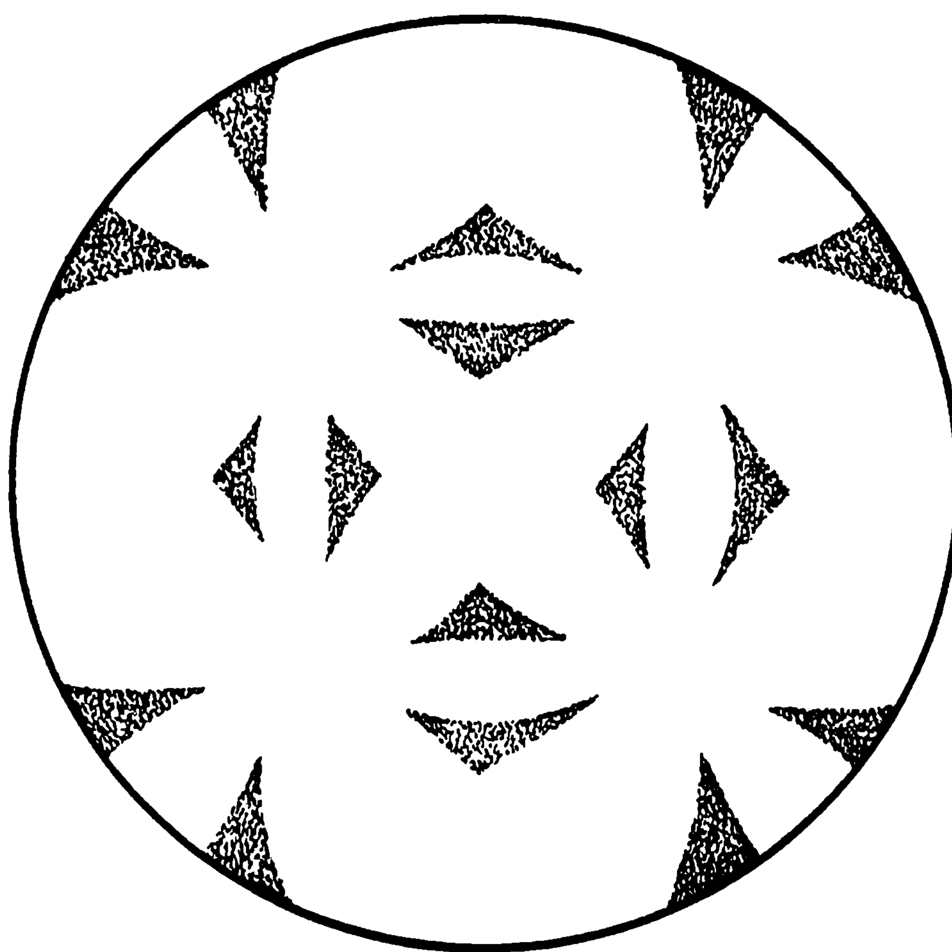


Рис. 3.

склонны считать этот новый тип за переходную стадию между плоскогранным октаэдром и округлым додекаэдроидом.

В заключение остановимся на новых фактах по кристаллографии алмазных додекаэдроидов, обнаруженных в 1950 г. И. И. Шафрановским совместно с Д. В. Рундквистом (Зап. Минер. общ., 1951, ч. 80, № 2, стр. 149).

Общая картина световых сигналов для такого типа кристаллов изображена в виде стереографической проекции на рис. 3. На ней ясно видны отдельные световые поля, имеющие вид равнобедренных треугольников. Согласно данным И. И. Шафрановского и А. А. Кухаренко, точки *A* и *B* обычно совпадают с гексоктаэдром {254}. Однако эти точки могут соответствовать и другим гексоктаэдрам. В табл. 1 приведен список форм, наиболее часто повторявшихся на изучавшихся додекаэдроидах, параллельно с их сферическими координатами. Там же находятся

данные и для точек D, чаще всего соответствующих тетрагексаэдрам {043} или {097}.

Из табл. 1 видно, что все полярные расстояния (ρ) приведенных форм близки к $53\frac{1}{2}^\circ$. Все они на проекции расположатся почти с геометрической точностью на одном и том же малом круге, описанном вокруг центральной четверной оси симметрии.

Таблица 1

Точки	Символ	φ	ρ
A и B	254	21°48′	53°24′
	397	18 26	53 35
	365	26 34	53 18
	143	14 02	53 58
	275	15 57	55 31
D	043	0°	53°08′
	097	0	52 08

Световые сигналы, совпадающие с одним из таких малых кругов, соответствуют участкам поверхности додекаэдроида, одинаково наклоненным к четверной оси и, следовательно, входящим в состав конуса, осью которого является G_4.

На рис. 4 изображены малые круги, описанные вокруг всех трех четверных осей симметрии. Соответственно шести выходам этих осей на кристалле, имеем всего шесть таких кругов и, следовательно, шесть совпадающих с ними конусов. Вокруг выходов тройных осей симметрии поверхность вышеописанных конусов прерывается.

Изучение световой картины на рис. 3 приводит к заключению, что, помимо упомянутых шести конусов, на додекаэдроидах имеется еще восемь конусов, осями которых являются тройные оси симметрии.

Малые круги, соответствующие этим конусам, изображены двойными линиями на рис. 4. Точки, лежащие на одном из таких кругов, соответствуют вершинам A, B и C световых треугольников. Гексоктаэдры, совпадающие с точками A и B, уже перечислялись в табл. 1.

Вершине C обычно соответствует тетрагексаэдр {021}.

В табл. 2 сведены величины углов, образуемых нормалями ко всем этим граням с тройной осью симметрии (или, что то же, с нормалью к октаэдрической грани).

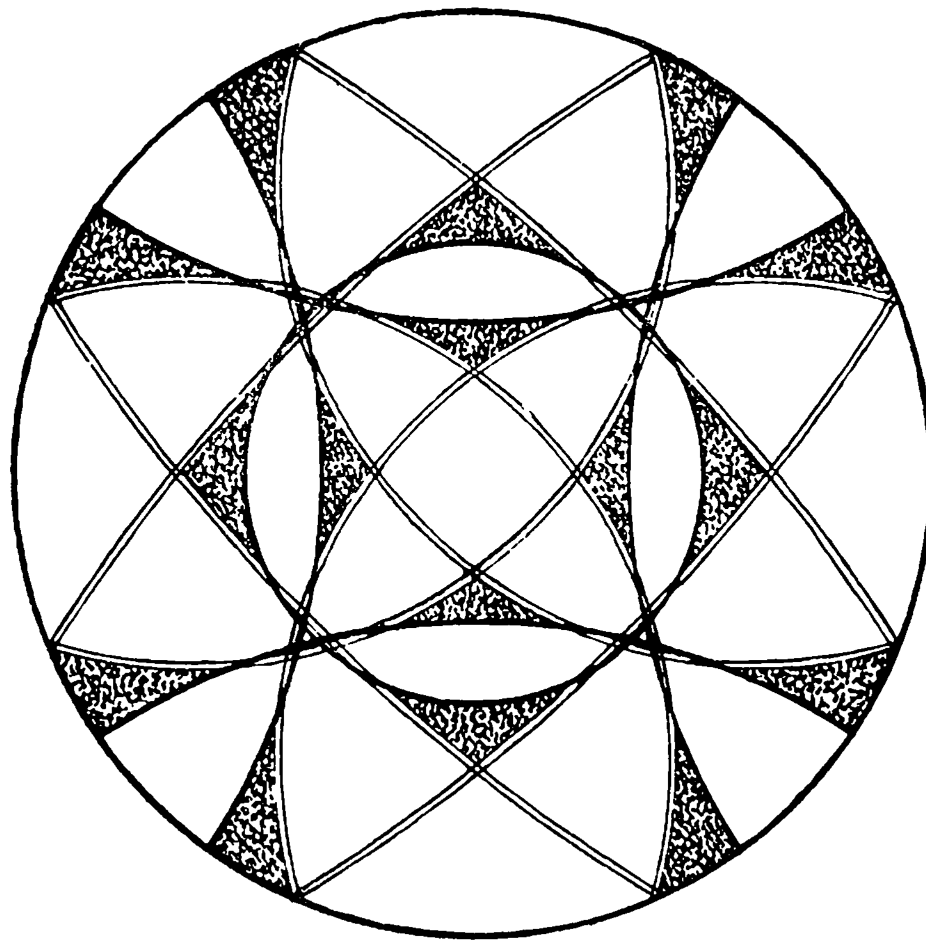


Рис. 4.

Таблица 2

Точки	Символ	Угол с G_3
C	021	75°02′
A и *B*	254	75°02′
	397	75 49
	365	74 47
	275	74 50
	143	76 54

Близость угловых величин (табл. 2) показывает, что формы, отвечающие точкам *A*, *B* и *C* на додекаэдроидах, почти в точности совпадают с малым кругом, описанным вокруг G_3 радиусом в 75°.

Рис. 4 представляет суммарную проекцию всех четырнадцати конусов. Из этого рисунка видно, что все без исключения световые сигналы,

совпадающие с вершинами и контурами световых треугольников *ABC*, лежат на малых кругах, т. е. принадлежат соответственным конусам. Следует заметить, что конусы не бросаются в глаза при рассматривании самих додекаэдроидов вследствие чрезвычайно сложной картины, создаваемой их взаимными пересечениями. Они улавливаются лишь с помощью световых сигналов на гониометре.

Нами уже отмечалось исключительное однообразие в отношении геометрии алмазных додекаэдроидов, независимо от их местонахождения. К этому мы можем добавить сейчас общую для всех додекаэдроидов алмаза картину конусов, изумительную по своему совершенству и строжайшей закономерности.

Описанные в литературе правильные конусовидные образования на кристаллах кварца, топаза, берилла являются, несомненно, результатом частичного растворения кристаллов.

В настоящее время к ряду особенностей округлых алмазов, чрезвычайно напоминающих явления растворения, следует добавить и вышеописанные конусы, аналогичные конусам растворения на кварце, топазе, берилле и т. п.

В заключение подчеркнем, что отмеченные явления относятся исключительно к додекаэдроидам алмаза.

Исходя из постоянства в геометрии таких округлых алмазов, а также из их широкого распространения в различных месторождениях, сторонники теории растворения относили додекаэдроиды к формам, отвечающим конечным телам растворения алмаза.

Думаем, что вышеописанная система конусов, развитая до предельного совершенства на алмазных додекаэдроидах, не противоречит этому взгляду, впервые высказанному А. Е. Ферсманом.

4 (стр. 37). Для удобства читателей даем табличку, в которой в последовательном порядке указаны кристаллы, упоминаемые в „Алмазе", и соответствующие номера таблиц и фигур Атласа с изображением этих кристаллов.

№ кристалла	№№ таблиц и фигур в Атласе
1	Табл. 4, фиг. 27, 29
2	Табл. 5, фиг. 33
3	Табл. 4, фиг. 28; табл. 5, фиг. 34
4	Табл. 4, фиг. 30; табл. 5, фиг. 35
5	Табл. 5, фиг. 36
6	Табл. 4, фиг. 31; табл. 5, фиг. 38; табл. 6, фиг. 45
7	—

Продолжение

№ кристалла	№№ таблиц и фигур в Атласе
8	—
9	—
10	Табл. 4, фиг. 32; табл. 5, фиг. 39; табл. 6, фиг. 43
11	—
12	Табл. 6, фиг. 40, 44; табл. 7, фиг. 47
13	Табл. 6, фиг. 41; табл. 7, фиг. 48; табл. 16, фиг. 107; табл. 17, фиг. 113
14	Табл. 6, фиг. 42; табл. 7, фиг. 49—51
15	Табл. 5, фиг. 37; табл. 18, фиг. 121; табл. 19, фиг. 127
16	Табл. 7, фиг. 52
17	Табл. 7, фиг. 53
18	Табл. 6, фиг. 46; табл. 8, фиг. 54, 55; табл. 9, фиг. 61, 62, 65
19	Табл. 9, фиг. 60
20	—
21	Табл. 8, фиг. 56—58; табл. 9, фиг. 63
22	Табл. 9, фиг. 64
23	Табл. 9, фиг. 66
24	Табл. 8, фиг. 59; табл. 9, фиг. 67
25	Табл. 10, фиг. 71, 73, 74
26	Табл. 10, фиг. 68—70, 72
27	Табл. 11, фиг. 75; табл. 12, фиг. 81
28	Табл. 12, фиг. 82
29	Табл. 11, фиг. 76, 77; табл. 12, фиг. 83
30	Табл. 11, фиг. 78; табл. 12, фиг. 84
31	Табл. 11, фиг. 79; табл. 12, фиг. 85
32	Табл. 11, фиг. 80; табл. 12, фиг. 86
33	Табл. 12, фиг. 87
34	Табл. 13, фиг. 88; табл. 14, фиг. 94
35	Табл. 14, фиг. 95
36	Табл. 14, фиг. 96
37	Табл. 13, фиг. 89; табл. 14, фиг. 97
38	Табл. 14, фиг. 98
39	Табл. 13, фиг. 92, 93; табл. 14, фиг. 99
40	Табл. 13, фиг. 90; табл. 15, фиг. 100

Продолжение

№ кристалла	№№ таблиц и фигур в Атласе
41	Табл. 15, фиг. 101
42	Табл. 13, фиг. 91; табл. 15, фиг. 102
43	Табл. 15, фиг. 103
44	Табл. 15, фиг. 105
45	Табл. 15, фиг. 104, 106
46	Табл. 16, фиг. 108; табл. 17, фиг. 114
47	Табл. 16, фиг. 109; табл. 17, фиг. 115
48	Табл. 16, фиг. 110; табл. 17, фиг. 116
49	Табл. 16, фиг. 111; табл. 17, фиг. 117, 118
50	Табл. 16, фиг. 112; табл. 17, фиг. 119
51	Табл. 18, фиг. 120, 123; табл. 19, фиг. 126
52	Табл. 18, фиг. 122; табл. 19, фиг. 128, 130
53	—
54	Табл. 19, фиг. 129
55	Табл. 18, фиг. 124; табл. 19, фиг. 131, 132
56	Табл. 20, фиг. 133; табл. 21, фиг. 139
57	Табл. 20, фиг. 134; табл. 21, фиг. 140
58	Табл. 20, фиг. 135; табл. 21, фиг. 141
59	—
60	Табл. 21, фиг. 142
61	Табл. 22, фиг. 149; табл. 23, фиг. 153
62	Табл. 22, фиг. 146—148
63	Табл. 18, фиг. 125
64	Табл. 20, фиг. 136; табл. 21, фиг. 143
65	Табл. 20, фиг. 137; табл. 21, фиг. 144; табл. 23, фиг. 154, 155
66	Табл. 20, фиг. 138; табл. 21, фиг. 145
67	Табл. 23, фиг. 152
68	Табл. 23, фиг. 156
69	Табл. 22, фиг. 150; табл. 23, фиг. 157
70	Табл. 23, фиг. 158
71	Табл. 22, фиг. 151; табл. 23, фиг. 159
72	—
73	Табл. 24, фиг. 160; табл. 25, фиг. 166
74	Табл. 24, фиг. 161; табл. 25, фиг. 167; табл. 26, фиг. 173

Продолжение

№ кристалла	№№ таблиц и фигур в Атласе
75	Табл. 24, фиг. 162; табл. 25, фиг. 168 (с накл. фигурой); табл. 26, фиг. 174
76	Табл. 24, фиг. 163; табл. 25, фиг. 169
77	Табл. 24, фиг. 164; табл. 25, фиг. 170 (с накл. фигурой)
78	Табл. 24, фиг. 165; табл. 25, фиг. 171; табл. 26, фиг. 175; табл. 42, фиг. 279
79	Табл. 26, фиг. 178
80	Табл. 25, фиг. 172 (с накл. фигурой); табл. 26, фиг. 176
81	Табл. 26, фиг. 177
82	Табл. 27, фиг. 179
83	Табл. 27, фиг. 180, 181; табл. 28, фиг. 189
84	Табл. 27, фиг. 182, 184
85	Табл. 27, фиг. 183
86	Табл. 27, фиг. 185—188; табл. 28, фиг. 190
87	Табл. 29, фиг. 195
88	Табл. 29, фиг. 196
89	Табл. 29, фиг. 197
90	Табл. 29, фиг. 198, 199
91	Табл. 28, фиг. 191, 192; табл. 29, фиг. 200
92	Табл. 28, фиг. 193; табл. 29, фиг. 201
93	Табл. 30, фиг. 203
94	Табл. 30, фиг. 205
95	Табл. 30, фиг. 207
96	Табл. 30, фиг. 204
97	Табл. 30, фиг. 206
98	—
99	Табл. 30, фиг. 208; табл. 31, фиг. 211
100	Табл. 28, фиг. 194; табл. 30, фиг. 209
101	Табл. 32, фиг. 219 (с накл. фигурой)
102	Табл. 32, фиг. 218 (с накл. фигурой)
103	Табл. 32, фиг. 221, 223 (обе с накл. фигурами)
104	Табл. 31, фиг. 214; табл. 32, фиг. 222, 224 (обе с накл. фигурами)
105	Табл. 32, фиг. 220

Продолжение

№ кристалла	№№ таблиц и фигур в Атласе
106	Табл. 29, фиг. 202; табл. 30, фиг. 210; табл. 31, фиг. 212, 213, 215, 216
107	Табл. 31, фиг. 217
108	Табл. 34, фиг. 230 (с накл. фигурой), 231
109	Табл. 33, фиг. 225, 226; табл. 34, фиг. 232 (с накл. фигурой)
110	Табл. 33, фиг. 227; табл. 34, фиг. 234 (с накл. фигурой)
111	Табл. 33, фиг. 228; табл. 34, фиг. 235 (с накл. фигурой)
112	Табл. 34, фиг. 233 (с накл. фигурой)
113	Табл. 34, фиг. 236 (с накл. фигурой)
114	Табл. 35, фиг. 237; табл. 36, фиг. 243 (с накл. фигурой)
115	Табл. 33, фиг. 229; табл. 35, фиг. 238; табл. 36, фиг. 244 (с накл. фигурой)
116	Табл. 36, фиг. 245 (с накл. фигурой)
117	Табл. 36, фиг. 246 (с накл. фигурой)
118	Табл. 35, фиг. 239—242; табл. 36, фиг. 247, 248 (обе с накл. фигурами); табл. 37, фиг. 249 (с накл. фигурой), 251; табл. 38, фиг. 254—256 (с накл. фигурой), 258
119	Табл. 35, фиг. 239, 240, 242; табл. 36, фиг. 248 (с накл. фигурой); табл. 37, фиг. 250, 251; табл. 38, фиг. 254—256, 258
120	Табл. 37, фиг. 252; табл. 38, фиг. 257 (с накл. фигурой)
121	Табл. 37, фиг. 253 (с накл. фигурой); табл. 38, фиг. 259 (с накл. фигурой); табл. 39, фиг. 261
122	Табл. 38, фиг. 260 (с накл. фигурой); табл. 40, фиг. 265 (с накл. фигурой)
123	Табл. 39, фиг. 262, 264; табл. 40, фиг. 266, 267 (обе с накл. фигурами)
124	Табл. 39, фиг. 263; табл. 40, фиг. 268, 269 (обе с накл. фигурами)
125	Табл. 41, фиг. 271; табл. 42, фиг. 276
126	Табл. 41, фиг. 272, 273; табл. 42, фиг. 277, 278, 280, 281
127	Табл. 41, фиг. 274, 275; табл. 43, фиг. 287
128	Табл. 43, фиг. 288
129	Табл. 43, фиг. 289, 290
130	Табл. 42, фиг. 282, 283
131	Табл. 43, фиг. 291, 292

5 (стр. 40). От слов „растворение“ и „рост“. По-немецки: L-W-Körper (от „Lösungskörper“ и „Wachstumskörper“).

6 (стр. 49). Крист. **169** среди описаний не фигурирует, равно как и упоминаемый на стр. 50 крист. **159**.

7 (стр. 52). В отличие от изображений на таблицах Атласа, называемых фигурами, иллюстрации в тексте называются рисунками. Рисунки предшествующих авторов воспроизводятся со всеми обозначениями подлинника.

8 (стр. 78). Имеется в виду статья В. Гольдшмидта (Zeitschr. Krist., 1904, Bd. 38, стр. 113—121).

9 (стр. 94). Список литературы выверен и уточнен Е. И. Михайловой. Издания, сведения о которых не удалось проверить, отмечены звездочкой. В каждом из разделов списка материал расположен в хронологическом порядке. Заглавия, взятые из текста работы, приводятся в прямых скобках.

10 (стр. 94). В ссылках на список литературы римская цифра обозначает один из девяти отделов списка, затем следует год опубликования упоминаемой работы. В ряде случаев после года указываются том и страницы.

11 (стр. 128). Гемиэдрическая — отвечающая виду симметрии $3g_2 4g_3 6p$.

12 (стр. 134). Эта система иногда нарушается. Кроме того, в Атласе не помещены изображения крист. **7—9**, **11**, **20**, **53**, **59**, **72**, **98**.

13 (стр. 142). Ср. фиг. 38 табл. 5.

14 (стр. 195). См. примечание [6].

15 (стр. 204). Исправляем неточность: крист. **59** — из Южной Африки; происхождение крист. **64** и **67** из Бразилии остается под вопросом.

Алмаз „Шах“

Опубликовано в „Известиях Российской Академии Наук“, 6-я серия, 1922, т. XVI, № 1—18, стр. 451—462. То же издано отдельной брошюрой, на английском языке, под названием „The diamond «Shah»“, Л., 1926.

1 (стр. 453). См. стр. 467—484 настоящей книги.

2 (стр. 458). Речь идет о книге „Der Diamant“, перевод которой помещен в данном издании (стр. 27—450).

3 (стр. 458). См. предыдущее примечание.

Исторический алмаз „Орлов“

Под названием „The historical diamond «Orlow»“ впервые опубликовано в „Известиях Академии Наук СССР“, 6-я серия, 1926, т. XX,

№ 1—2, стр. 121—132. То же в „Геологическом и минералогическом сборнике из «Известий Академии Наук СССР»“, 2-я серия, 1925—1926, Л., Изд. АН СССР, 1929, стр. 121—132. В данном издании публикуется русский текст статьи, сохранившийся в личном архиве акад. А. Е. Ферсмана, с дополнениями, содержащимися в английском тексте, опубликованном в „Известиях Академии Наук СССР“, 1926 (отд. оттиск).

1 (стр. 472). См. стр. 451—466.

2 (стр. 474). См. стр. 70.

3 (стр. 476). См. стр. 451.

4 (стр. 477). „La première pièce qu'Akel-Kan me mit entre les mains fut le grand diamant, qui est une rose ronde fort haute d'un côté. A l'arreste d'en bas il y a un petit cran, et une petite glace dedans. L'eau en est belle, et il pèse troit cent dix neuf ratis et demi, qui font 200 quatre vingt de nos carats, le ratis estant 7 huitièmes de carat. Quand Mirgimola qui trahit le Roy de Golconda son maître, fit présent de cette pierre à Cha-Gehan auprès duquel il se retira, elle estoit brute et pesoit alors neuf cent ratis, qui sont sept cent quatre vingt sept carats et demi, et il y avoit plusieurs glaces. Si cette pierre avoit esté en Europe, on l'auroit gouvernée d'une autre façon: car on en auroit tiré de bons morceaux, et elle seroit demeurée plus pesante, au lieu qu'elle a esté toute égrisée. Ce fit le sieur Hortensio Borgis Venitien qui la tailla, de quoy il fut aussi mal récompensé; car quand elle fut taillée on luy reprocha qu'il avoit gasté la pierre qui auroit pu demeurer à plus grand poids, et au lieu de le payer de son travail le Roy luy fit prendre dix mille roupies, et luy en auroit fait prendre davantage s'il en eût au de-là. Si le sieur Hortensio eut bien sçu son métier, il auroit pu tirer de cette grande pierre quelque bon morceau sans faire tort au Roy, et sans avoir tant de peine à l'égriser; mais ce n'estoit pas un fort habile diamantaire.

„Ce diamant appartient au Grand Mogol, lequel me fit l'honneur de me le faire montrer avec tous ses autres joyaux. On voit la forme oû il est demeuré étant taillé, et m'ayant esté permis de le peser, j'ay trouvé qu'il pèse 319 $^1/_2$ ratis, qui font 279 $^9/_{16}$ de nos carats. Estant brut il pesoit comme j'ay dit ailleurs — 907 ratis, qui sont 793 $^5/_8$ carats. Cette pierre est de la même forme comme si l'on avoit coupé un oeuf par le milieu“.

5 (стр. 477). „... une rose ... fort haute d'un côté“.

6 (стр. 477). „A l'arreste d'en bas... un petit cran et une petite glace dedans“.

7 (стр. 484). В русском тексте статьи, сохранившемся в личном архиве А. Е. Ферсмана, упоминаются два рисунка. Из них найден только

рис. 2, который и воспроизводится на стр. 474. Подпись к несохранившемуся рисунку гласит: „Схематическое изображение огранки боковых зон и верхней розетки «Орлова». Бросается в глаза необычайное сходство огранки с «Коинуром» (например место схождения розеток и треугольных фацеток верхней зоны)“.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Алмаз, его кристаллизация и происхождение

Проблемы алмаза 9
Кристаллы алмаза 12
Законы роста и растворения кристаллов 16
Формы кристаллов алмаза 18
Опыты растворения алмаза 22
Образование кристаллов алмаза в природе 23
Искусственное получение алмаза 25

Алмаз

Предисловие 29
Общая часть 43
Задачи 43
Пригодность алмаза для данного исследования 45
Система форм. Типичные и недостоверные формы. Их критический обзор 47
Исходные формы 52
Световые рефлексы. Их исследование и истолкование 54
Рефлексы и поверхность 59
Обозначения различных граней, акцессорий, полос световых рефлексов и световых полей 67
Гемиэдрия 71
Двойники 72
Генетические данные 74
Потоки растворения на алмазе 92
Историческая часть 94
Литература 95
К истории вопроса о системе форм алмаза 118
Формы, указанные в литературе 120

Стр.
К истории вопроса об округлых гранях алмаза 124
К истории вопроса о гемиэдрии и двойниковании 128
Специальная часть 134
Описание кристаллов 134
Кристаллы чистого роста 134
Кристаллы, образование которых закончилось в нейтральной стадии или в стадии растворения 151
A. Переходный ряд от октаэдра к додекаэдру 151
B. Переходный ряд от октаэдра к додекаэдру с различными образованиями на вершинах куба 179
C. Октаэдр и куб в одинаковом развитии с подчиненным додекаэдром 188
D. Переходный ряд с господствующим кубом 204
E. Образования с отчетливо выраженной гемиэдрией . . . 222
Образования разного рода, не укладывающиеся в вышеописанные ряды 237
Искаженные кристаллы 249
Образования, которые могут быть истолкованы как двойники по закону Мооса—Розе 258
Двойники по шпинелевому закону 272
Циклические сложные двойники по шпинелевому закону . 303
Опыты травления алмазов 309
Описание опытов 311
Результаты и сравнение с природным травлением 317
Сводка результатов 320
Заключение, обзор и перспективы 320
Атлас 329
Обзор таблиц 417
Указатель месторождений 418
Объяснение таблиц 419

Алмаз „Шах“

1 453
2 456
3 462
4 466

Исторический алмаз „Орлов“

Литературные данные 469
Кристаллографическое описание 471

Стр.
Исторические данные 475
Истинная история „Орлова“ 482
Заключение 483

Приложения

Послесловие редакторов 487
Александр Евгеньевич Ферсман и его творчество. *Акад. Д. И. Щербаков* 490
Труды А. Е. Ферсмана по кристаллографии. *Проф. И. И. Шафрановский* 532
Комментарии 547

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР

*

Редактор Издательства *Н. Н. Стулов*
Технический редактор *А. В. Смирнова*
Корректоры *Н. А. Малевич* и *А. В. Сорокина*

*

РИСО АН СССР № 4641. Пл. № 9—1Р. М-49671. Подписано к печати 1/X 1955 г. Бумага 70 × 92 1/16. Бум. л. 17 3/4. Печ. л. 41.53. Уч.-изд. л. 24.65+55 вкл. (3.55 уч.-изд. л.). Тираж 5000. Зак. № 981. Цена 24 р. 40 к.

1-я тип. Изд. АН СССР, Ленинград, В. О., 9-я л., д. 12

А.Е. ФЕРСМАН

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ
АЛМАЗА





24—43 р.